V CONGRESO PANAMERICANO DE FERROCARRILES

TOMO II

SECCION A

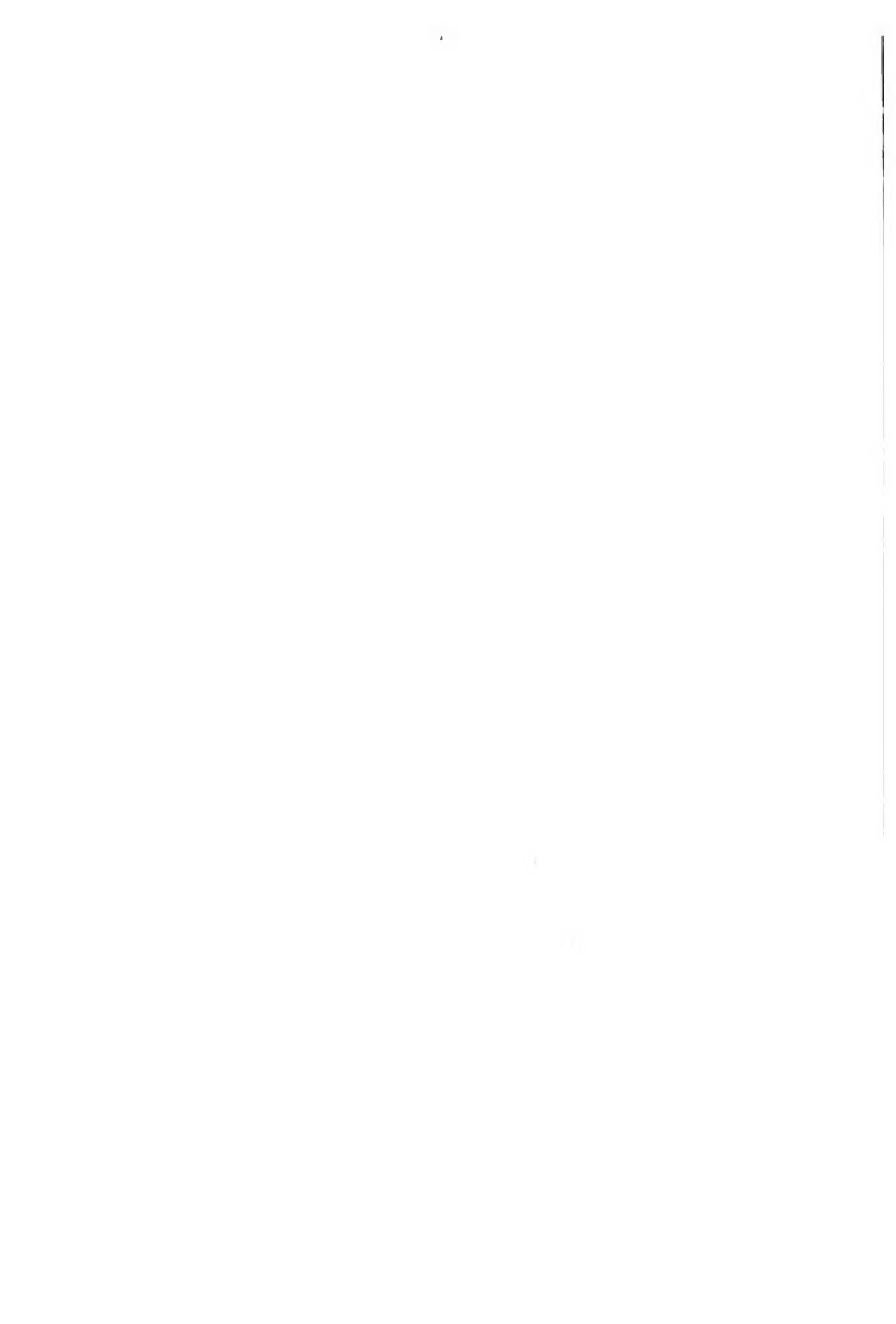
ABRIL 1946

MONTEVIDEO

◆

TALLERES GRAFICOS L.I.G.U.

CERRITO 740



SECCION A

VIA Y OBRAS



PROGRAMA DE TRABAJO

Tema 1. — **Señales luminosas intermitentes o a destello en reemplazo de las luminosas fijas y uniformidad de las mismas.**

Tema 2. — **Reglamentación internacional para el cálculo de puentes ferroviarios.**

Tema 3. — **Modernización de las vías para el recorrido de trenes a altas velocidades y con grandes cargas por eje: Uso de rieles soldados y de aceros especiales en su fabricación: medios experimentales.**

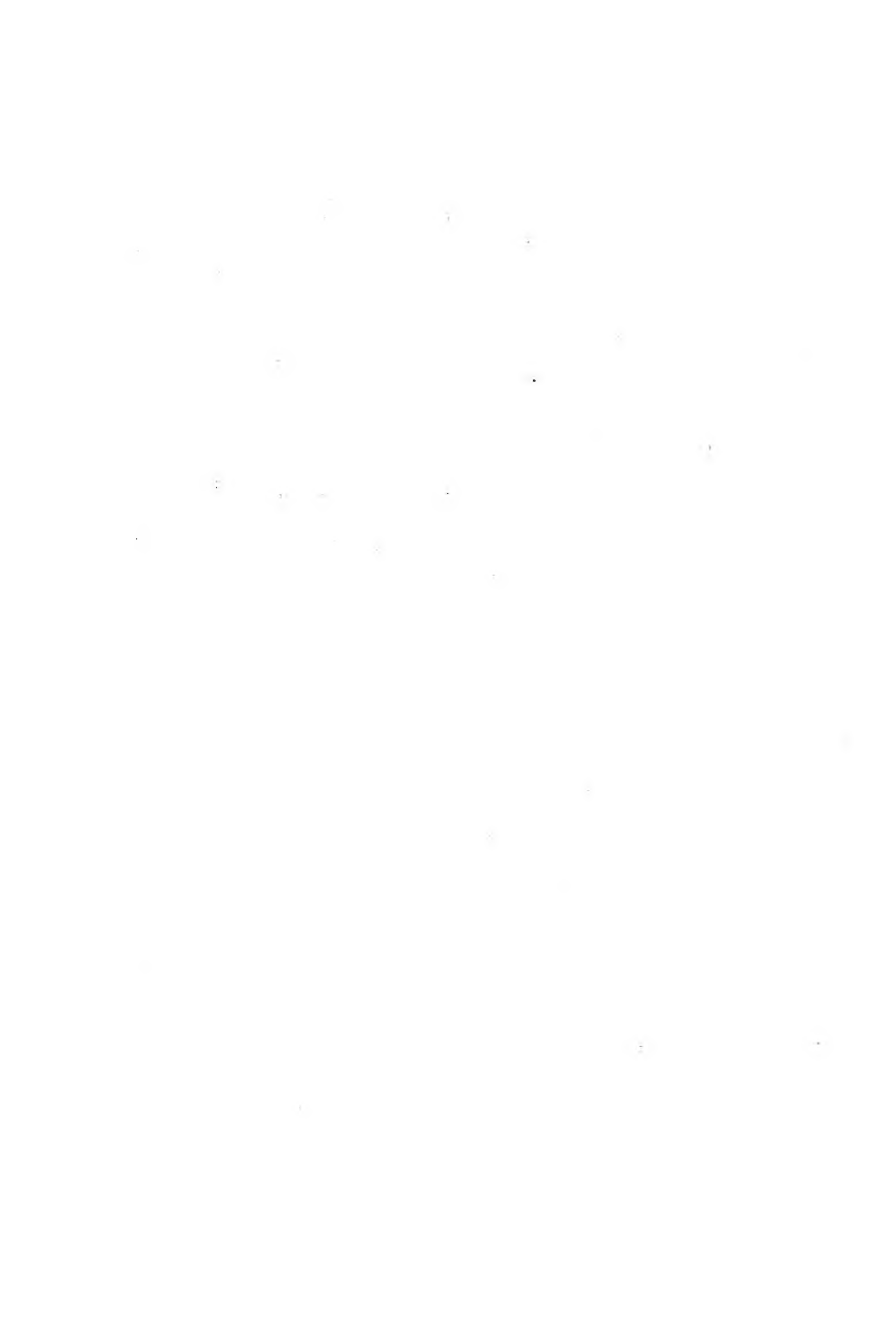
Tema 4. — **Economías posibles y medios de racionalización aplicados a la conservación de la vía permanente.**

Tema 4a. — **Cruces entre ferrocarriles, caminos y otras vías de comunicación: Aspectos técnico, legal y económico.**

TRABAJOS PRESENTADOS

TEMA	*NUMERO Y TITULO DEL TRABAJO*	*AUTOR*	*RELATOR*
1	6.-Señalización luminosa a destello para carga y descarga de los ferrobarcos en los atracaderos. — ARGENTINA.	ROGER F. WILLIAMS	ANTONIO J. CASABO
2	12.-Ensayos del factor impacto en los puentes ferroviarios. — ESTADOS UNIDOS DE AMERICA.	A. DE FF. CC. AMERICANOS	JULIO RICALDONI
2	50.-Estudios de puentes ferroviarios en zonas sísmicas. — CHILE.	JORGE DEL RIO BRETIGNERE	JULIO RICALDONI
2	55.-Apuntaciones acerca de la reglamentación internacional para el cálculo de puentes ferroviarios. — VENEZUELA.	JOSE SANABRIA	JULIO RICALDONI
3	5.-Comparación de las tensiones originales en los rieles de vía, colocados en posición vertical e inclinada. — ARGENTINA.	A. R. INGLIS	FELIX DE MEDINA
3	14.-Procedimiento para elaborar hormigones. — ESTADOS UNIDOS DE AMERICA.	A.R.E.A. (BOLETIN 451)	ARTURO FERRER
3	17.-Obras de tierra, balasto y alcantarillado. — ESTADOS UNIDOS DE AMERICA.	A.R.E.A. (BOLETIN 451)	DANIEL G. MACCORMACK
3	18.-Vía. — ESTADOS UNIDOS DE AMERICA.	A.R.E.A. (BOLETIN 451)	DANIEL G. MACCORMACK
3	19.-El riel y sus accesorios. — ESTADOS UNIDOS DE AMERICA.	A.R.E.A. (BOLETIN 451)	DANIEL G. MACCORMACK
3	88.-Compensación por curvatura en las gradientes. — PERU.	CARLOS VIGNOLO MURPHY	PONCIANO S. TORRADO
3	106.-Modernización de las vías para el recorrido de trenes a altas velocidades y con grandes cargas por eje. Uso de rieles soldados y de aceros especiales en su fabricación. Medios experimentales. — ARGENTINA.	L. A. WOODBRIDGE	SIN RELATOR

4	15.-Durmientes. — ESTADOS UNIDOS DE AMERICA.	A.R.E.A. (BOLETIN 451)	DANIEL G. MACCORMACK
4	16.-Preservación de maderas. — ESTADOS UNIDOS DE AMERICA.	A.R.E.A. (BOLETIN 451)	ANTONIO J. CASABO
4	26.-Curvas de acordamiento en las vías férreas. — CHILE.	JUAN VILLALOBOS ROJAS	MANUEL E. LUGARO
4	29.-La mecánica al servicio de la vía permanente. — ARGENTINA.	JOHN E. SANDHAM	ANTONIO J. CASABO
4	32.-Economías posibles y medios de realización aplicados a la conservación de la vía permanente. – BOLIVIA.	F. C. COCHABAMBA-S. CRUZ	ANTONIO J. CASABO
4	32a.-Influencia del trazado en la economía de explotación en los ferrocarriles de montaña. — BOLIVIA.	F. C. COCHABAMBA-S. CRUZ	ANTONIO J. CASABO
4	38.-Alineación de las curvas a piolín. — URUGUAY.	P. E. KNIGHT	MANUEL E. LUGARO
4	41.-Acopio de aguas pluviales para los servicios ferroviarios. — ARGENTINA.	FEDERICO A. TORRES	VICTOR DE ANGELI
4	51.-Estudio sobre durmientes de concreto armado. — CHILE.	E. CARRASCO ACUÑA	VICTOR DE ANGELI
4	84.-Nota sobre métodos de prolongar la vida útil de los rieles. — ARGENTINA.	A. S. MUIRDEN	VICENTE ELORZA
4	108.-Las mazamorras y las formas de combatirlas en los ferrocarriles de Bolivia. — BOLIVIA.	R. ARAMAYO ZAPATA	E. CARRASCO ACUÑA
4a	2.-Barrera ferroviaria giratoria en vez de basculante. — ARGENTINA.	CARLOS E. MEAURIO	ARTURO FERRER
4a	53.-Aspecto técnico-económico del problema de los cruces entre ferrocarriles y carreteras. – URUGUAY.	HECTOR A. BERGERET	VICENTE ELORZA
4a	76.-Barreras para cruces de ferrocarril de accionamiento eléctrico, manual, semiautomático y totalmente automático. — ARGENTINA.	NELS B. FORCHHAMMER	ARTURO FERRER



MIEMBROS DE LA SECCION

PRESIDENTE: *Ingeniero PEDRO P. MARTIN*

1er. VICE PRESIDENTE: *Ingeniero GABRIEL QUIROS GONZALEZ*

2.º VICE-PRESIDENTE: *Ingeniero JORGE LEAL BURLAMAQUI*

SECRETARIO: *Ingeniero ANTONIO J. CASABO*

PRO-SECRETARIO: *Ingeniero RAUL PIRIZ*

Ingeniero:	*PEDRO P. MARTIN*	ARGENTINA
»	*REMO SCOTUCCI*	»
»	*ERIC I. MAYNE*	»
»	*PEDRO N. GORDILLO*	»
»	*CARLOS E. MEAURIO*	»
»	*ROGER E. WILLIAMS*	»
»	*A. S. MUIRDEN*	»
»	*JUAN A. BRIANO*	»
»	*BERNARDO LAUREL*	»
»	*PABLO A. EBRECHT*	»
»	*RAUL A. COLOMBO*	»
»	*NICANOR ALURRALDE*	»
Ingeniero:	*RODOLFO ARAMAYO ZAPATA*	BOLIVIA
Ingeniero:	*JORGE LEAL BURLAMAQUI*	BRASIL
Ingeniero:	*RAFAEL SORONDO Y CAMPANERIA*	CUBA
Ingeniero:	*GABRIEL QUIROS GONZALEZ*	CHILE
»	*JULIO CARIOLA VILLAGRAN*	»
»	*JORGE DEL RIO BRETIGNERE*	»
»	*ENRIQUE CARRASCO ACUÑA*	»
Ingeniero:	*JORGE ALZAMORA VELA*	ECUADOR
Ingeniero:	*ALBERTO ALBAN LIEVANO*	COLOMBIA
»	*CARLOS JOSE OLARTE*	»
Ingeniero:	*ENRIQUE GAMERO AGUILAR*	PERÚ
»	*CARLOS VIGNOLO MURPHY*	»
Ingeniero:	*MANUEL E. LUGARO*	URUGUAY
»	*DANIEL G. MACCORMACK*	»
»	*PONCIANO TORRADO*	»
»	*JULIO RICALDONI*	»
»	*FELIX DE MEDINA*	»
»	*ANTONIO J. CASABO*	»
»	*VICENTE ELORZA*	»
»	*VICTOR BENAVIDEZ*	»
»	*RAUL PIRIZ*	»
»	*ARTURO FERRER*	»
»	*VICTOR DE ANGELI*	»
Ingeniero:	*LUIS BAEZ DIAZ*	VENEZUELA

SUB-COMISIONES

PARA EL ESTUDIO DE LOS TRABAJOS CORRESPONDIENTES A LOS TEMAS 1 Y 2

Ingeniero ***JORGE LEAL BURLAMAQUI***
» ***FELIX DE MEDINA***
» ***CARLOS VIGNOLO MURPHY***
» ***JORGE DEL RIO***
» ***JULIO RICALDONI***

PARA EL ESTUDIO DE LOS TRABAJOS CORRESPONDIENTES A LOS TEMAS 3 Y 4a

Ingeniero ***MANUEL E. LUGARO***
» ***A. S. MUIRDEN***
» ***VICTOR DE ANGELI***
» ***REMO SCOTUCCI***
» ***ROGER E. WILLIAMS***
» ***PONCIANO S. TORRADO***

PARA EL ESTUDIO DE LOS TRABAJOS CORRESPONDIENTES AL TEMA 4

Ingeniero ***RODOLFO ARAMAYO ZAPATA***
» ***GABRIEL QUIROS GONZALEZ***
» ***ARTURO FERRER***
» ***VICENTE ELORZA***
» ***LUIS BAEZ DIAZ***
» ***RAFAEL SORONDO Y CAMPANERIA***

VERSIONES TAQUIGRAFICAS

DE LAS SESIONES



SESION CELEBRADA EL DIA 6 DE ABRIL DE 1946, A LA HORA 9 Y 30

PRESIDENTE: *Ingeniero PEDRO P. MARTIN.*
SECRETARIOS: *Ingeniero ANTONIO J. CASABO e Ingeniero RAUL PIRIZ.*

SUMARIO:

Consideraciones de orden general, relativas a los diversos trabajos a estudio de esta Comisión.—Nombramiento de Vice - presidentes, Pro - secretario y miembros de las Sub-Comisiones.—Aprobación de los trabajos Nº 6 del Tema 1, y Nos. 12 y 50 del Tema 2.

1ª SESION

Asisten los señores Delegados: Remo N. C. Scotucci, Carlos E. Meaurio, Roger F. Williams, Pablo A. Ebrecht, Raúl A. Colombo, y A. S. Muirden, por Argentina; Rodolfo Aramayo Zapata, por Bolivia; Jorge Burlamaqui, por Brasil; Carlos J. Olarte, por Colombia; Rafael Sorondo y Campaneria, por Cuba; Gabriel Quirós González, Jorge del Río, Enrique Carrasco Acuña, por Chile; Jorge Alzamora Vela, por Ecuador; Carlos Vignolo Murphy, y Enrique Gamero Aguilar, por Perú; Daniel G. MacCormack, Julio Ricaldoni, Félix de Medina y Arturo Ferrer, por Uruguay; Luis Báez Díaz, por Venezuela.

SEÑOR PRESIDENTE. — Está abierta la sesión.

Previamente, deseo agradecer el alto honor que ha significado para la Argentina y para mí, el designarme Presidente de la Comisión de Vía y Obras que forma la Sección A de este Congreso, cuya acción será, indudablemente de capital importancia, sobre todo, en los momentos actuales de post-guerra, en que se inicia un período de restauración y de transformación de lo existente.

Por mi especialidad en materia comercial y económica, hubiera deseado presidir otra Sección, —y no, digo ya, la pretensión de presidirla, sino integrarla como Delegado—, que tratara temas de mi especialidad.

Ustedes habrán asistido ayer a la sesión en la que se designó Presidente para las distintas Secciones. El motivo fundamental que nuestra Delegación tenía para efectuar ese pedido, no era otra cosa que el caso particular mío, en razón de mi especialidad y competencia en esa materia; pero, dado el alto honor que significa poder guiar estas deliberaciones, he aceptado gustoso la designación de que se me ha hecho objeto, y tengo la seguridad de que ustedes sabrán disimular mi falta de idoneidad, ya que será suplida con vuestros conocimientos y vuestra competencia.

Muchas gracias.

(Muy bien! Aplausos).

Voy a proponer a los señores Delegados, que se designe la Mesa Directiva, pues es costumbre siempre que haya, inicialmente, un Presidente y un Secretario; pero la tarea es grande y pesada, y, sobre todo, para esta Sección. Con el objeto de que el Presidente u otro cualquiera de los Delegados puedan actuar simultáneamente en otras Comisiones, me permito ofrecer a consideración de los presentes, la siguiente proposición: que se designe un Vice-Presidente, primero, y uno segundo, y un Secretario más.

(Apoyado).

Está a consideración de los señores Delegados esta proposición, pero antes, deseo formularles un pedido a los señores Delegados. Con el objeto de que sus proposiciones queden formuladas con claridad, sería de desear que al hacer uso de la palabra, dieran previamente sus nombres y el país que representan, hasta tanto los señores taquígrafos se familiaricen con ustedes. Por otra parte esta Presidencia ofrece la oportunidad a los señores Delegados para que puedan corregir las versiones taquigráficas de las sesiones.

(Apoyado).

Está a consideración de los señores Delegados, la designación de Primer Vice-Presidente y Pro-Secretario.

Señor Aramayo (Bolivia). — Propongo al Ing. Gabriel Quirós, de la Delegación de Chile, para la Vice-Presidencia de esta Sección.

(Apoyado).

Señor Quirós (Chile). — Agradezco mucho el honor que me hace el colega de la Delegación Boliviana, pero las dificultades de tener que atender otros trabajos, y la falta de conocimiento general sobre esta materia, hacen que decline ese honor que se me dispensa, y propongo, a la vez, para ese cargo, a mi distinguido colega, señor Burlamaqui, de la Delegación Brasileña, que ha trabajado en estos asuntos, y que tiene una versación sumamente amplia. Quedaría sumamente agradecido, quedando a su disposición para cooperar con él en cuanto me sea posible.

Señor Presidente. — Yo propondría, dada la aclaración que nos hace el señor Ing. Quirós, de la Delegación Chilena, que actuaran simultáneamente los dos Delegados en la Vice-Presidencia.

Señor Burlamaqui (Brasil). — ¿No sería más interesante, señor Presidente, que previamente, cada Delegado indique su nombre y el país a que pertenece? Porque yo no tengo conocimiento de los nombres y nacionalidad de varios señores Delegados.

Señor Presidente. — Está a consideración de los señores Delegados la proposición del señor Burlamaqui.

Señor Secretario. — Sería muy interesante dar andamiento a esa proposición, porque se podría aprovechar para tomar lista de los asistentes, aún cuando fuera con un poco de pérdida de tiempo, pero que al final nos va a beneficiar, porque no tenemos lista de los señores Delegados, debido a que no se ha podido confeccionar por falta de tiempo; pero es necesario para el acta de las sesiones, tomar lista de los asistentes.

Señor Presidente. — Ruego a los señores Delegados que cada uno exprese su nombre y país que representa.

(Se toma la lista en el siguiente orden):

Ing. Remo Scotucci (Argentina), Ing. Julio Ricaldoni (Uruguay), Ing. Raúl Píriz (Uruguay), Ing. Gabriel Quirós González (Chile), Ing. Jorge del Río (Chile), Ing. Enrique Carrasco Acuña (Chile), Ing. Roger F. Williams (Argentina), Ing. Pablo Ebrecht (Argentina), Ing. Raúl A. Colombo (Argentina), Ing. Jorge Burlamaqui (Brasil), Ing. A. S. Muirden (Argentina), Ing. Luis Baez Díaz (Venezuela), Ing. Carlos Vignolo Murphy (Perú), Ing. Jorge Alzamora Vela (Ecuador), Ing. Rodolfo Aramayo Zapata (Bolivia), Ing. Carlos E. Meaurio (Argentina), representante del Automóvil Club Argentino.

Señor Meaurio (Argentina). — Aclaro que como miembro temporario, tengo derecho a voz, pero no a voto.

(Continúa tomándose la lista):

Ing. Rafael Sorondo y Campaneria (Cuba), Ing. Carlos J. Olarte (Colombia).

Señor Presidente. — Ha sido cumplido su pedido, señor Burlamaqui.

Señor Burlamaqui (Brasil). — Muchas gracias.

Señor Presidente. — Está a consideración de los señores Delegados, la designación que había propuesto, de un primer Vice-Presidente, que, de acuerdo con la indicación del señor Aramayo de Bolivia, recaerá en el Ing. Quirós de Chile conjuntamente con el señor Ing. Burlamaqui de Brasil. Se va a votar si se aprueba esa proposición.

(Se vota: Afirmativa).

Ahora queda por designar al Pro-Secretario de la Sección. A consideración de los señores Delegados, la designación de Pro-Secretario.

Señor Alzamora Vela (Ecuador). — Me permitiría sugerir, para la Pro-Secretaría, al Ing. Sr. Píriz.

(Apoyado).

Señor Presidente. — Si no se hace uso de la palabra, se va a votar si se aprueba la proposición formulada por el señor Alzamora.

(Se vota: Afirmativa).

Si no se hace uso de la palabra, por parte de los señores Delegados, pasaremos a la materia específica motivo de esta reunión.

Señor Meaurio (Argentina). — ¿Me permite, señor Presidente? Sugiero, señor Presidente, que por razones de simplificación, cuando se proponga una moción a consideración de la Comisión, y después de una breve pausa, si no hay oposición fundada, sea considerada como aprobada. Cuando haya que realizar votaciones, debido a que hay varios miembros temporarios, como yo, sin derecho a voto, solicito que se hagan dos votaciones: una por la afirmativa, la primera vez, y, después los que votan por la negativa.

Señor Presidente. — Sería una votación nominal. Creo que la mayoría de los señores Delegados, tienen voz y voto.

Señor Meaurio (Argentina). — Yo he hecho la aclaración, señor Presidente, por lo que pudiera suceder.

Señor Presidente. — La Delegación del Gobierno Argentino, trae dos Delegados que son observadores; de modo que no tienen ni voz ni voto, y su objeto es, simplemente, ponerse en contacto con los pro-

blemas que se traten en cuanto a la información. El caso suyo es distinto, señor Meaurio, puesto que usted tiene voz, pero no voto.

Desearía saber si en esta Comisión hay Delegados que se encuentren en esas condiciones, además del Ing. Meaurio de la Argentina. Convendría que se tomara nota de los miembros que se encuentran en esas condiciones.

SEÑOR COLOMBO (Argentina). — Para aclarar el punto, sería conveniente que se diera lectura del artículo 2º del Reglamento, para saber cuáles son los miembros efectivos y los adherentes.

SEÑOR PRESIDENTE. — Creo que los señores Delegados conocen ese Reglamento.

SEÑOR MEAURIO (Argentina). — Pero si no se realiza la doble votación, podría interpretarse que los que no votan por la afirmativa, votan por la negativa. Por eso, formulaba mi sugestión.

SEÑOR PRESIDENTE. — Se va a leer el artículo 2º del Reglamento para aclaración de los señores Delegados.

(Se lee):

«Artículo 2º — El Congreso estará constituído por miembros efectivos y miembros adherentes. Serán miembros efectivos:

a) Los Delegados que nombren los Gobiernos americanos para participar en el V Congreso; y
b) Los Delegados de las empresas ferroviarias que forman parte de la Asociación Internacional Permanente del Congreso Panamericano de Ferrocarriles, de acuerdo con los Estatutos de la Asociación.

Serán miembros adherentes los demás miembros que forman parte de la Asociación, de acuerdo con lo dispuesto por el artículo 2º de los Estatutos de ella, o sea: los miembros permanentes, los miembros vitalicios y los miembros temporarios que se inscriban solo para tomar parte en el Congreso».

Podría darse lectura, también, a los Artículos 3º y 4º, respectivamente.

(Se lee):

«Artículo 3º — Los miembros efectivos tendrán voz y voto en las sesiones del Congreso y en las Comisiones a que se inscriban.

Recibirán gratuitamente las publicaciones del Congreso.

Artículo 4º — Los miembros adherentes podrán tomar parte en las discusiones que se verifiquen en las sesiones y en las Comisiones, sin voto. Recibirán gratuitamente las publicaciones del Congreso».

Si hay alguna otra duda por parte de los señores Delegados, solicito que la expresen. Ruego al Señor Secretario que tome nota de los miembros de las Delegaciones que tienen nada más que voz y no voto.

SEÑOR SECRETARIO. — Sírvanse, los señores Delegados que no tienen nada mas que voz, y no voto, dar sus nombres y país que representan.

(Los señores Delegados que se encuentran en las condiciones expresadas, son los siguientes: Ings. Carlos E. Meaurio, Pablo A, Ebrecht y Raúl A. Colombo, todos de la Delegación Argentina).

SEÑOR PRESIDENTE. — Invito al señor Ing. Raúl Píriz a ocupar la Pro-Secretaría de la Sección.

(Ocupa la Pro-Secretaría, el Ing. Raúl Píriz del Uruguay).

Si ningún señor Delegado desea hacer uso de la palabra, se va a iniciar el estudio de los trabajos presentados en esta Sección, y yo propondría que se comenzara a considerar aquellos trabajos que tuvieran informe del Relator.

(Apoyado).

Se va a votar si se aprueba esta proposición. Los señores por la afirmativa, sírvanse indicarlo.

(Se vota: AFIRMATIVA).

Se va a considerar el tema Nº 1, trabajo Nº 6 sobre «Señalización luminosa a destello para carga y descarga de los ferro-barcos en los atracaderos». — Autor: Roger F. Williams (Argentina). — Relator: Ing. Antonio J. Casabó.

Se va a leer, previamente, los informes del Relator, y luego, pondremos a consideración de los señores Delegados, la materia a objeto de que se pueda debatir. En caso de que no haya oposición, bastará con que sea apoyado el informe. También es conveniente en algunos casos, que el propio autor, pueda, por mejor precisar su ponencia, informar o aclarar algunos aspectos que puedan haber escapado al Relator. Tiene la palabra el señor miembro Relator.

SEÑOR SECRETARIO. — En el trabajo del Ing. Williams, se describe el dispositivo adoptado para guiar la maniobra en la carga y descarga de los ferro-barcos en los puertos citados. Se hace referencia, a los puertos de Zárate e Ibicuy, y otros puertos argentinos más. El dispositivo está descripto claramente en el trabajo y ha estado en uso desde hace 11 años, con el mejor de los resultados, permitiendo una reducción apreciable en tiempo de maniobra en relación al que se empleaba cuando se dirigía la maniobra con señales de mano y se ha aumentado la seguridad en la misma.

Se trata de una información muy interesante, por lo cual me permito aconsejar su publicación.

SEÑOR PRESIDENTE. — El señor Williams que está presente, ¿desea hacer alguna aclaración, para mayor información?

SEÑOR WILLIAMS. (Argentina). — Creo que el trabajo, por breve que sea, es suficientemente claro en su aplicación, en la especial circunstancia de la carga y descarga de los ferro-barcos; pero, este sistema de señalación, da ciertas ventajas en otras operaciones ferroviarias, como ser el de arrimar el vagón de un tren vacío a una plataforma muerta, vía de plataforma muerta. Da al maquinista un pre-aviso de la indicación roja de parada. Se trata de señales eléctricas luminosas, que, como comprenderán los señores Delegados, al embocar un corte de vagones de longitudes variables, y con la necesidad de evitar cualquier golpe o tirón, se ha ideado esto que es, sencillamente, un pre-aviso, colocado poco antes del punto de parada del corte de vagones. Manualmente se destella la indicación de la señal verde, previniendo al maquinista para que esté atento para recibir la colorada, que significa parada. Hay otros detalles en el trabajo presentado, como son el encarrilamiento y demás medidas de seguridad.

Para cualquier explicación o ampliación, estoy enteramente a las órdenes de los señores Delegados.

Señor Presidente. — Muchas gracias.

Señor Secretario. — En mi informe me permití aconsejar la publicación de este trabajo, porque entendía, repito, que está claramente detallado, y podía ser de información interesante para cualquiera de los ingenieros que se viera en el caso de aplicarlo o de estudiarlo, como lo sostiene el Ingeniero Williams, para otro género de maniobras. El Ingeniero Williams no daba más que la información de ese dispositivo, pero no pedía para él, ninguna conclusión ni pronunciamiento del Congreso.

Señor Williams (Argentina). — Es una descripción de los resultados obtenidos.

Señor Presidente. — Está a consideración de los señores Delegados, si, por el interés del trabajo, debe o no aconsejarse su publicación.

Señor Scotucci (Argentina). — Este sistema, en cierto modo, introduce una novedad, en el sistema de señalamientos de los ferrocarriles argentinos, porque los Reglamentos, hasta ahora, no han hablado de señales de destello, sino, simplemente, en el caso de los pasos a nivel.

En general, las proyecciones de las luces, sean verdes, rojas o anaranjadas, son contínuas. Lo interesante de la aplicación del señor Williams, es la luz a destellos, que sirve para determinadas aplicaciones. Es evidente que este sistema ha dado resultados en el caso de los embarcaderos de ferro-barcos, y tiene aplicación en otros trabajos de maniobras. Por eso sería de la idea de agregar, en el informe del Relator, «aconsejar su publicación, atento a la posible aplicación a otros tipos de maniobra».

La luz a destellos, en determinada circunstancia, por la frecuencia del destello o la permanencia de la luz, da indicaciones preciosas para que se efectúen las maniobras, por la celeridad con que se puede hacer los movimientos, cosa que no da una luz contínua. De modo que yo propondría aconsejar su publicación, con vistas a su posible aplicación en las vías generales o estaciones, en diversos tipos de maniobras, pero recalcando la luz de destello.

Señor Secretario. — Entonces, la moción quedaría concretada en esta forma: aconsejar su publicación con vistas a su posible aplicación en las vías generales o estaciones ferroviarias.

Señor Presidente. — De la luz a destello.

Señor Scotucci (Argentina). — De la luz a destello. Creo que el señor Williams está de acuerdo.

Señor Williams. (Argentina). — Muy de acuerdo con lo propuesto.

Señor Secretario. — Entonces quedaría en esta forma: «Se aconseja su publicación con vistas a la posible aplicación de la luz a destello, en las vías generales o estaciones».

Señor Scotucci. (Argentina). — Para muchos tipos de maniobra.

Señor Secretario. — Para muchos tipos de maniobra.

Señor Presidente. — Está a consideración de los señores Delegados la modificación introducida por el señor Ing. Scotucci.

Señor Aramayo. (Bolivia). — Apoyo la moción.

Señor Presidente. — Se va a votar si se aprueba la moción formulada.

(Se vota: Afirmativa).

Vamos a considerar, ahora, el Tema Nº 2, trabajo Nº 12: «Ensayos del factor impacto en los puentes ferroviarios». — Autor: Asociación de Ferrocarriles Americanos. — Relator: Ing. Julio Ricaldoni.

SEÑOR BURLAMAQUI. (Brasil). — Sería interesante que se indicara el número de informe.

SEÑOR PRESIDENTE. — El señor Secretario, que es quien ha tenido a su cargo la ordenación de las carpetas, va a hacer la aclaración correspondiente.

SEÑOR SECRETARIO. — Las carpetas entregadas a cada uno de los señores Delegados tienen los trabajos presentados en su totalidad, ya sean para la Sección A, como para las demás Secciones. En el programa de trabajos, que todos los señores Delegados deben haber retirado, hay un cierto orden para todas las secciones; y el orden seguido, es el de los temas: la ordenación responde a los temas y no al número del trabajo. Por eso se trató, en primer término, este trabajo Nº 6, que corresponde al tema 1. Más adelante, vamos a encontrar el trabajo Nº 5, que pertenece al Tema Nº 3. De modo que la ordenación de los trabajos, está obedeciendo al temario y no al número que le correspondió de acuerdo a la fecha en que fué entregado. La Mesa había dispuesto seguir el orden de esta publicación y no el del número de los trabajos.

Ahora, vamos a tratar el trabajo Nº 12, del Tema Nº 2 que se refiere, como ya lo dijo el señor Presidente, a «Ensayos del factor impacto en los puentes ferroviarios».

SEÑOR RICALDONI. (Uruguay). — ¿Me permite? Precisamente, por ser el Relator, quería aclarar que confieso que cuando hice el informe, creí que no se iba a dar lectura del mismo, sino que se iba a leer solamente la conclusión, pues la extensión del informe, realmente, me asusta.

SEÑOR PRESIDENTE. — Se aconseja no hacer un relato total del tema, sino resumir los fundamentos del trabajo y la conclusión que se aconseja.

SEÑOR RICALDONI. (Uruguay). — De manera que en lugar de leer el informe, ¿desearían que yo lo resumiera?

(Apoyado).

SEÑOR MACCORMACK. (Uruguay). — Yo opino, señor Presidente, que este es un asunto tan importante, que casi vale la pena nombrar una Sub-Comisión para estudiarlo, pues, no se puede resolver en cinco minutos.

SEÑOR PRESIDENTE. — Precisamente, mi proyecto era este: primero, íbamos a dar curso a los trabajos de información, y para el resto de los trabajos, sin perjuicio de lo que pueda proponer la Comisión, se iban a designar Sub-Comisiones, las que se encargarían de estudiarlos. Pero como ya había trabajos preparados por los Relatores, que están trabajando en ellos desde hace algunos meses en Montevideo, me parecería que se iba a desmerecer esa labor. Por esa razón, previamente, se pondría a consideración de esta Comisión, lo que ellos ya han informado. Es claro que mi deseo es el de que se constituyan Sub-Comisiones, no solamente para ver los trabajos, sino para discutir temas que, realmente, son de interés.

SEÑOR MUIRDEN. (Argentina). — ¿Me permite, señor Presidente? Deseo apoyar lo propuesto por el señor MacCormack, en el sentido de

que habiendo trabajos de mucha importancia, no va a ser posible estudiarlos en tan poco tiempo, porque en realidad, sólo con un resumen hecho por el Relator, francamente, no podríamos tener una opinión formada, y aún más, sin tener el tiempo suficiente para digerir lo relatado. Yo entiendo que ahorraríamos tiempo, si pasamos estos temas, a Sub-Comisiones y luego, cada una de éstas, podría emitir las conclusiones del caso. Hay trabajos más pequeños, que, esos sí, podríamos tratarlos en esta Comisión.

SEÑOR PRESIDENTE. — Precisamente, interpretando el pensamiento de los señores Delegados, y como tengo alguna experiencia por haber intervenido en otros Congresos similares, deseo manifestar que mi idea era esa: proceder a considerar los trabajos pequeños, porque hay simples comunicaciones, que no merecen la pena que sean tratados especialmente en Sub-Comisiones, sino aceptarlas por parte de esta Comisión y efectuar las recomendaciones pertinentes, respecto a su publicación; mientras tanto, podríamos pasar a Sub-Comisiones, para que éstas hagan el estudio intensivo de los temas principales.

(Apoyado).

SEÑOR VIGNOLO MURPHY. (Perú). — Iba a expresar lo mismo que el señor Presidente: este es un trabajo de mucha importancia, y por consiguiente, debiéramos oír, por lo menos, el informe del Relator, antes de emitir una opinión al respecto.

SEÑOR PRESIDENTE. — Exactamente; ese es mi propósito, señor Delegado, y luego se pasa a la Sub-Comisión para que lo estudie.

SEÑOR VIGNOLO MURPHY. (Perú). — O de lo contrario, señor Presidente, dejar este tema para una de las últimas sesiones, y de esa manera no tendríamos necesidad de pasarlo a Sub-Comisión.

SEÑOR PRESIDENTE. — Pero para mantener un método en las exposiciones de los trabajos, y de acuerdo a lo que han manifestado recién los señores Delegados, me parece conveniente pasarlo a la Sub-Comisión que se va a constituír. Es simplemente, para que se conozca el informe del señor Ricaldoni, y luego, pasaría a la Sub-Comisión para su estudio.

SEÑOR SCOTUCCI. (Argentina). — Sería conveniente que se hiciera una síntesis sobre el trabajo, por parte del Relator, y luego se pasara a la Sub-Comisión.

SEÑOR PRESIDENTE. — ¿El señor Delegado aconseja que se trate en Sub-Comisión, sin perjuicio de oír el informe del señor Relator?

SEÑOR SCOTUCCI. (Argentina). — Exactamente, señor Presidente.

SEÑOR RICALDONI. (Uruguay). — ¿No sería más conveniente, señor Presidente, resolver que pase a la Sub-Comisión sin informe, sin ninguna exposición, y se trate allí, extensamente?

SEÑOR PRESIDENTE. — Muy bien. Si el señor Relator aconseja pasarlo a Sub-Comisión...

SEÑOR RICALDONI. (Uruguay). — De ese modo, yo haría la exposición, cuando viniera el informe de la Sub-Comisión.

SEÑOR CARRASCO ACUÑA. (Chile). — ¿Me permite? Considero que es previo, señor Presidente, conocer el número de trabajos que se van a tratar en esta Sección, porque de 100 trabajos que va a tratar el Congreso, no va a haber tiempo de estudiarlos todos, y si se nos designa en las Sub-Comisiones, es probable que la mayor parte de los miembros de

esta Sección, se quede sin trabajar, para hacerlo luego, en esta Comisión. De ahí que me parece previo, saber cuántos trabajos se van a estudiar, y especialmente, cuántos de cada tema, dado que el Tema Nº 1 está constituído por un sólo trabajo, y no sabemos de cuántos trabajos estarán constituídos, los Temas Nos. 2, 3 y 4.

SEÑOR PRESIDENTE. — Está en el programa de los trabajos.

SEÑOR CARRASCO ACUÑA. (Chile). — Pero aparte de ese programa, señor Presidente, hay otros trabajos adicionales.

SEÑOR SECRETARIO. — El total de trabajos, es 22, pero de los trabajos adicionales, no hay ninguno presentado para la Sección A.

SEÑOR QUIRÓS. (Chile). — Para uniformar un poco nuestro criterio, me parece que lo que podemos hacer, es considerar el trabajo, ahora, en sus líneas generales, leer la recomendación del Relator, y tratarlo en la próxima sesión, es decir que tendremos una o dos horas libres, para que cada uno lo lea, lo piense y lo digiera, así podemos venir con ideas más definidas sobre ese trabajo.

SEÑOR PRESIDENTE. — Yo no deseaba desmerecer la obra de los Relatores, que, repito, no están trabajando desde ayer, sino, desde tiempo atrás, y darle la oportunidad a ellos, de que puedan leer sus recomendaciones, pasando luego sus trabajos a las Sub-Comisiones. Por eso, le solicitaría al señor Ing. Ricaldoni, que leyera la recomendación respecto de este trabajo, y si usted lo desea, hiciera fundamentos breves sobre su informe; luego se pasaría a la Sub-Comisión, que de acuerdo con la naturaleza del tema, entendería en él, porque vamos a designar dos o tres Sub-Comisiones, según la naturaleza de los temas.

SEÑOR MEAURIO. (Argentina). — Pido que me perdonen el señor Presidente y los señores Delegados, por mi pedido: los que nos encontramos lejos de la Presidencia, —desheredados de la fortuna—, no oímos bien lo que expresan los señores Delegados; por eso deseo rogarle al que haga uso de la palabra, que hable más fuerte, y a su vez, se dirija hacia este lado.

SEÑOR PRESIDENTE. — Trataré de expresarme más fuerte, así el señor Delegado puede oírme.

SEÑOR MEAURIO. (Argentina). — A usted le oigo bien, señor Presidente; me refiero a los señores Delegados, que como se dirigen hacia la Presidencia, los de este sector no oímos nada.

SEÑOR PRESIDENTE. — Tiene la palabra el señor Ing. Ricaldoni, Relator de este trabajo.

SEÑOR RICALDONI. (Uruguay). — Haré una brevísima síntesis del trabajo y las conclusiones, simplemente, las leeré.

El trabajo se refiere, esencialmente, a una serie de ensayos de carga, ensayos dinámicos, realizados en siete puentes, en Norte América desde luego, en el campo de las luces pequeñas, es decir, que las luces de los puentes ensayados, están comprendidas entre 6 y 10 metros. Como dato interesante, es la cantidad de observaciones que se hicieron, pues hubo como 900 pasajes de trenes, y estos ensayos se realizaron a velocidades muy altas, que llegaron hasta los 160 kilómetros por hora. Se han utilizado tensómetros electromagnéticos, es decir, que se pudo medir, no sólo las flechas, sino directamente las tensiones, que como lo demuestra el mismo informe, son generalmente mucho mayores que las flechas; es

decir, que se ha llegado a coeficientes de impactos mucho mayores que los deducidos de las flechas. Ahora, el campo de puentes estudiado se refiere a ese campo de luces en que la resonancia pierde su importancia, y entonces más bien aparece con gran importancia, otros esfuerzos de carácter secundario, como son defectos de rieles, de tableros, etc.

En este informe se estudian siete u ocho temas distintos: sobre los esfuerzos estáticos, se observó que la relación entre la tensión experimental y la tensión calculada, llega a valores de 0,80 a 0,90, es decir, que trabajan algo menos que lo que da el cálculo. Después, acerca del efecto impacto, es decir, del efecto provocado por las cargas que pasan a velocidad, se estudia, por separado, el efecto de la velocidad, es decir, el producido, simplemente, por el hecho de que las vigas tienen deformación, aparece, por eso, una fuerza centrífuga; el efecto de la carga que aparece más o menos rápidamente, separándola del efecto del martilleo de la locomotora; por otra parte, se estudian locomotoras Diesel y locomotoras a vapor.

Después se estudia el efecto en las vías, con juntas de rieles, sin junta de rieles, con juntas soldadas, etc., con cuatro variantes, para estudiar el efecto que tiene. Desde ese punto de vista, se pueden considerar dos tipos de tableros: tableros discontínuos —con durmientes directamente apoyados sobre las vigas— y tableros de hormigón con balasto.

Otro tema, dentro del impacto, es el efecto de vaivén o trasmisión de la carga de un riel a otro por efecto de la oscilación de la locomotora alrededor de un eje longitudinal. La suma de todos esos efectos, constituyen el impacto total. En el impacto total, se llega a establecer una norma de impacto, para proyecto y clasificación, que establece coeficientes de impacto, comparando, por supuesto, los dos tipos de tableros, y, dentro de cada tipo de tablero, comparando los efectos en las locomotoras a vapor y Diesel; y como cuestión interesante, fija coeficientes constantes, es decir, independientes de la luz del tramo, dentro de este campo de tramos pequeños, desde luego, con variaciones para las velocidades, especialmente hasta 80 kilómetros por hora.

Como cuestiones accesorias, se estudian, también la frecuencia de las tensiones máximas. El estudio comentado se hizo bajo el tráfico normal de los puentes, de manera que se pudo observar qué porcentaje de los trenes que pasan, llegan a producir el efecto total o cerca del máximo, dato interesante, desde luego, para el problema de la fatiga. Desde este punto de vista, se observa que el 10 % de los trenes produjeron esfuerzos iguales, por lo menos, al 90 %, es decir, que el 10 % producirían los efectos de cálculo.

Otro tema interesante, es la repartición de las cargas entre las vigas; cuando se trata de puentes con varios perfiles laminados debajo del tablero o debajo de cada riel, es decir, que a cada uno le corresponden dos o tres perfiles, se observó un error bastante grande en la nivelación de los perfiles, que provocaba diferencias muy grandes entre las cargas soportadas por cada perfil. Uno de los perfiles llegaba a soportar un 70 % más que el promedio que le correspondería teóricamente, y también, finalmente, desde este punto de vista, se pudieron, gracias a la utilización de los tensómetros electromagnéticos, trazar diagramas de tensiones, para un determinado instante, es decir a lo largo del cordón

inferior, en un instante dado. De manera que se podía ver el efecto de la velocidad de propagación de tensiones y deformaciones a lo largo del puente. De aquí, que se ha comprobado esa diferencia a que me referí antes sobre el valor relativo de las flechas y las tensiones.

Estos son, rápidamente expuestos, los temas más importantes, tratados por este informe. Ahora, voy a dar lectura de las conclusiones:

«Se ve, pues, que el trabajo de referencia ha aportado datos de enorme interés para el estudio en carga de los puentes de tramo corto y especialmente en su aspecto dinámico, datos que son de inmediato empleo para el establecimiento de normas de impacto, bajo condiciones semejantes. Con trabajos de esta índole y análogos para tramos de luces comprendidas en otra categoría de puentes, repetidos en diversas condiciones de locomotoras, vías y estructuras, —más o menos estabilizadas dentro de cada sistema ferroviario—, es que se podrá llegar a dominar totalmente el problema del impacto.

Por otra parte, el estudio de este interesantísimo trabajo demuestra que la existencia de los tensómetros dinámicos, ya sea del tipo electromagnético como el utilizado aquí o el de resistencia eléctrica de la Baldwin-Southwark, indudablemente más simples y más adecuados que los ópticos mecánicos utilizados por el «Bridge Stress Commitee», no exige para tales investigaciones instalaciones ni personal de magnitud excepcional, por cuyo motivo deberían realizarse estudios análogos en todos los países. En esta forma podrán adquirirse los datos correspondientes a las condiciones locales, para su utilización directa, así como también una serie de aspectos generales como la frecuencia natural, coeficiente de amortiguamiento, etc., de interés para el estudio científico del problema. Estas condiciones locales son de mucha importancia para el establecimiento de fórmulas y afectan seriamente al estudio teórico, como expresa Looney en su comparación de las investigaciones inglesas y americanas; también es fundamental el estudio dinámico de las locomotoras en cuanto a distribución de cargas, magnitud del martilleo, frecuencia y acción de sus resortes.

El establecimiento de una fórmula racional de impacto en los diversos países permitiría no solamente tener normas de cálculo económicas pero seguras, sino que también permitiría efectuar una *clasificación de los puentes existentes* en cuanto a su capacidad real de carga, afectada tanto por su diseño como por el estado actual de la estructura, comprobable perfectamente tanto por estudios estáticos como dinámicos.

Por otra parte, además de la extensión de estos estudios dinámicos a campos aún inexplorados, como otros tipos de puentes diferentes de los tramos simples (vigas contínuas, cantilever, arcos, etc.) o a otras aplicaciones como los puentes carreteros, en donde el problema se rehusa aún más a su estudio teórico y que por lo tanto deberá basarse casi exclusivamente en resultados experimentales aun no encarados, existe, especialmente para países como el nuestro un campo nuevo de estudios que es el puente ferroviario de hormigón armado. Es en efecto muy poco lo que se conoce sobre el comportamiento de estos puentes bajo acción dinámica y no hay, por lo menos que yo conozca, ningún estudio experimental sistemático sobre el impacto; sus características físicas y geométricas tan diferentes de las de los puentes metálicos hacen im-

prescindible la obtención de datos generales de su comportamiento y también específicos como su frecuencia, amortiguamiento, etc.

Las normas existentes para estos puentes son aún más dispares y vagas que para los metálicos, aparte de anunciar simplemente los motivos de diferenciación con éstos. Tenemos desde el tipo semejante al de puentes metálicos, utilizada por el «Great Norhern Railway» que es la A.R.E.A. - 1920, afectada simplemente por un coeficiente 0,75 (referencia de Taylor, Thompson, Smulski, Roinforced Concrete Bridges), hasta el factor constante como el de la norma brasileña NB-2, por ejemplo, para vías rectas sin balasto, —que fija un impacto igual a 60 %—, pasando por el tipo de fórmula originada más bien en el concepto de fatiga que en el verdadero concepto dinámico del problema como el utilizado por el «Delaware, Lakawanna and Western R.R.» (referencia también de Taylor, etc.) que fija un impacto igual al cociente de la sobrecarga dividida por la suma de sobrecarga más carga permanente. Es indudable que en los puentes de hormigón armado, el aspecto del efecto de la fatiga y la vibración sobre su capacidad resistente, no está tan estudiado como en las estructuras metálicas y que por lo tanto podría querer englobarse estos factores junto con el del impacto en sí mismo, pero aquí, como en todo el campo experimental, el verdadero camino debe ser separar las diversas variables y estudiar detenidamente cada una, llevándola a su etapa de cálculo numérico.

Para terminar: parece conveniente recomendar a los diversos países la ejecución de investigaciones experimentales sobre el efecto de impacto en los puentes ferroviarios, con referencia especial a las estructuras de hormigón armado, para poder, sobre la base de las condiciones locales referentes a estructuras y material rodante, establecer normas de cálculo y clasificación de puentes».

(Muy bien! Apoyado).

Señor Presidente. — Entonces, se procederá a pasar este trabajo a la Sub-Comisión que se va a designar de acuerdo con la especialidad del Tema.

Señor Muirden. (Argentina). — Al hacer uso de la palabra, no me había dado cuenta de que el Ing. Ricaldoni había hecho un estudio tan profundo del asunto. Yo había leído el informe de la American Railway Association de Buenos Aires, de tanta importancia, por lo que creí que este asunto debía merecer un estudio a fondo, pero veo que ha sido muy bien estudiado, mejor que lo que una Comisión puede hacer en dos o tres días. Es un informe muy amplio, y merece sólo aplausos, y entiendo que una Comisión, no podría agregar más a lo que este informe dice.

(Apoyado).

Señor Presidente. — En rigor, participo de su idea, señor Delegado, y considero, indudablemente, que es un trabajo valiosísimo y sobre todo perfectamente aclarado, debido a la información del Ing. Ricaldoni.

Señor Ricaldoni. (Uruguay). — Muchas gracias.

Señor Presidente. — Es muy amplio y completo. De todas maneras, se podría aceptar la propuesta de que pase a consideración de la Sub-Comisión que se va a formar ahora, para trabajar esta tarde. Es-

tá a consideración de los señores Delegados, la propuesta de la referencia.

SEÑOR RICALDONI. (Uruguay). — Creo que convendría, señor Presidente, salvo mejor opinión, dejarlo para el lunes.

(Apoyado).

SEÑOR PRESIDENTE. — Entonces vamos a tratar, ahora, el Tema Nº 2, trabajo Nº 50: «Estudios de puentes ferroviarios en las zonas sísmicas». Autor: Jorge del Río Bretignere (Chile). Relator: Ingº Julio Ricaldoni.

SEÑOR RICALDONI (Uruguay). — Este tema, para el Uruguay, es completamente desconocido. De manera que no puedo entrar a fondo en el estudio de este problema. En este trabajo se dan informes sobre el comportamiento de los puentes ferroviarios, bajo el efecto de los terremotos, especialmente después de los terremotos de los años 1939 y 1944. Se llega a una serie de deducciones lógicas desde todo punto de vista, sobre los tipos de puentes a emplearse. Desde luego, se prefieren los puentes del tipo isostático, al hiperestático, en cuanto pueden soportar grandes desplazamientos de apoyos sin perder su capacidad portante total, y también, desde el punto de vista del material, los metálicos permiten grandes deformaciones y mayores desplazamientos debido a su ductilidad que los de hormigón armado, sin pérdida de su capacidad resistente, ni roturas. Desde ese punto de vista se justifican plenamente esas variaciones expuestas por el autor del trabajo, que son las que se resumen.

En consecuencia, el autor propone lo siguiente: «El V Congreso Panamericano de Ferrocarriles, considerando que hay conveniencia en definir el criterio a aplicar en los estudios y proyectos de puentes ferroviarios en los países afectos a un régimen de temblores, acuerda:

1º Recomendar la construcción de puentes metálicos con preferencia, sobre los puentes de concreto armado, en general.

2º Recomendar la construcción de puentes de concreto armado, siempre que estas soluciones estén conformes a los puntos siguientes:

a) Preferir la solución de sustentación isostática sobre los de sustentación hiperestática.

b) Si por razones de economía mayor o por estética es recomendable una solución de sustentación hiperestática, ésta será siempre que el terreno de fundación dé seguridad que no producirán asentamientos que afecten a la estructura de él.

c) Evitar cepas o estribos enrejados de concreto armado que estén sometidos a empujes de tierra.

3º Recomendar a las distintas empresas ferroviarias sudamericanas un intercambio permanente de sus observaciones sobre el efecto de los temblores en los puentes ferroviarios».

SEÑOR PRESIDENTE. — Está a consideración de los señores Delegados lo aconsejado por el señor Relator, con respecto al trabajo Nº 12, presentado por el Ingº Jorge del Río, de la Delegación de Chile. Si no se hace uso de la palabra, se va a votar si se aprueba. Los señores Delegados por la afirmativa, sírvanse indicarlo.

(Se vota: AFIRMATIVA).

Señor Quirós (Chile). — ¿Me permite, señor Presidente? Nosotros, por la situación especial en que nos encontramos, como consecuencia de la guerra, debimos construír nuestros puentes, con los elementos de que podíamos disponer, y durante mucho tiempo no nos fué posible obtener perfiles metálicos para realizar los puentes de estructura metálica, y debimos recurrir a los elementos constructivos de que disponíamos en el país, como el acero redondo para construcciones en general y el cemento; de aquí que la oficina, a cargo de la cual estoy, durante estos últimos años, y desde que se iniciaron las dificultades para obtener perfiles, está realizando puentes de concreto armado, como única solución para efectuar obras.

Difiero ligeramente con mi colega y compañero de la Delegación de Chile, en que la recomendación sea tan absoluta, porque todo depende de las situaciones que se presentan particularmente para cada país. Por ejemplo, habría sido lamentable que nosotros, por no tener perfiles metálicos, nos hubiéramos cruzado de brazos y no hubiéramos hecho los puentes de concreto armado porque no era recomendable. Por eso creo que no se debe dar una recomendación muy absoluta; cada país tiene una particularidad. Indudablemente, señor Presidente, los puentes de cemento armado no tienen la misma experimentación que los puentes metálicos, pero no sería razonable alejarlos definitivamente, porque, en muchos casos, es una solución económica y aceptable, que puede atenderse. Nosotros tenemos ya un cierto número de puentes, que, en lo que se refiere a costo, es mucho menor, sobre todo, en las circunstancias donde falta material de hierro. Lo único que solicito, es que al recomendar la construcción de los puentes metálicos con preferencia a los de cemento armado, se consideraran las condiciones de cada país, es decir, no eliminarlos completamente, porque es un recurso del cual podemos sacar todavía mucho partido.

Posiblemente, los métodos de cálculo, las condiciones de estabilidad, si son o no son hiperestáticos, puede ser discutible, pero debemos ganar todavía en experiencia, porque el costo de estas soluciones, en muchos casos, puede ser mucho más bajo. Nuestro país, relativamente de escaso capital, no debe ir a soluciones muy dispendiosas; tiene que utilizar los materiales que produce. Nosotros tenemos ahora, laminadoras de hierro, que nos producen hierro redondo, para construcciones, pero no tenemos usinas que nos den perfiles grandes para construir puentes metálicos.

Señor Del Rio (Chile). — En realidad, he recomendado la construcción de puentes metálicos en general, pero esto no quiere decir que siempre se hagan puentes metálicos; pueden construirse puentes de concreto armado, según las condiciones en que se encuentre el terreno de fundación, porque los fracasos que se han tenido en los puentes de concreto armado, se han debido más que a otra cosa, al mal terreno de fundación.

Generalmente hay muchos terrenos, sobre los cuales no podemos decir, porque no tenemos la experiencia suficiente, que no vayan a producirse asentamientos. Hemos tenido pequeños fracasos en algunas obras, pero siempre se han debido al asentamiento del terreno. No soy exclusivista al decir que sean puentes metálicos los que deben construirse;

creo, también, que debe recomendarse que se estudie este problema, y haya, al respecto, un cambio de observaciones sobre este asunto.

SEÑOR PRESIDENTE. — Está a consideración de los señores Delegados y me parece que debe ser aceptada, la modificación o la ampliación de la recomendación del trabajo del Ingº Del Río, aconsejada por el Ingº Ricaldoni. Le agradeceré que nos dé la modificación concreta.

SEÑOR DEL RIO (Chile). — No es necesario hacer ninguna modificación, señor Presidente.

SEÑOR PRESIDENTE. — Sería mejor siempre, darle la amplitud que usted desea, y así se pueda introducir un pequeño agregado a las recomendaciones del señor Ing. Ricaldoni. Si el señor Del Río desea, se puede redactar, brevemente, la recomendación modificada, y así damos por terminada la consideración del trabajo.

(Apoyado).

¿Cómo quedaría redactada, entonces?

SEÑOR QUIRÓS (Chile). — Recomendar en general, la construcción de puentes metálicos, cuando circunstancias especiales no recomienden o no obliguen a construcciones de cemento armado; es decir, dejar como subsidiaria la construcción de puentes de cemento armado.

SEÑOR MEAURIO (Argentina). — Sugiero que se empiece la conclusión con estas palabras: «Si las condiciones de fundación no son perfectamente determinables; recomendar la construcción de puentes metálicos con preferencia etc.»... seguir como está aquí en la conclusión dejando a continuación lo que sigue.

SEÑOR PRESIDENTE. — Está a consideración de los señores Delegados la aprobación de la recomendación formulada por el Ingº Ricaldoni con el agregado propuesto por la Delegación de Chile.

SEÑOR CARRASCO ACUÑA (Chile). — ¿Me permite? La redacción queda francamente defectuosa; la base de los análisis de los puntos 1) y 2), sería conveniente que pasaran a la Sub-Comisión o a la Comisión de la tarde, para poder diferir su redacción.

SEÑOR PRESIDENTE. — A consideración de la Comisión, la proposición del señor Delegado de Chile. Si no hay observación, se va a votar si se aprueba.

(Se vota: AFIRMATIVA).

En consecuencia, este trabajo que acaba de tratarse, pasará a una de las Sub-Comisiones que se reunirán esta tarde.

—A continuación vamos a considerar el Tema Nº 2, trabajo Nº 55, sobre «Apuntaciones acerca de la reglamentación internacional, para el cálculo de puentes ferroviarios». Autor: Ing. José Sanabria. Relator: Ingº Julio Ricaldoni. Tiene la palabra el señor miembro Relator.

SEÑOR RICALDONI (Uruguay). — El tema del trabajo de la referencia me parece de fundamental importancia, a pesar de que soy totalmente ajeno al problema ferrocarrilero en especial; no conozco, por consiguiente, los antecedentes sobre este asunto, pero, sin embargo, a mí me parece que debe tener gran interés y debemos tratar de llegar a alguna conclusión al respecto.

Indudablemente, como en todos los problemas de normalización, hay temas difíciles; otras veces, temas imposibles aún en el campo nacional, de manera que es más lógico que, en el campo internacional

haya temas imposibles de llegar de inmediato, a un acuerdo como lo ha demostrado el mismo Comité Sudamericano de Normas Técnicas. Por consiguiente, como lo hacía notar el mismo autor, hablando de la posibilidad de la internacionalización de las redes ferroviarias, creo que sería interesante llegar a una reglamentación armónica.

Los temas principales que toca el autor son los siguientes: el reglamento comprenderá solamente, los temas comunes a todos los tipos de puentes —en materiales o luces— es decir, dejando de lado los temas específicos de cada uno. Admite la fijación del coeficiente de trabajo y características de los materiales correspondientes. Además, propone establecer trenes tipo ideal, del sistema Cooper, a pesar de las diferencias que puede haber entre los países americanos, por medio de múltiplos y submúltiplos; cree también que se pueden cubrir mejor las necesidades de los diversos países, recomendando que ese tren sea liviano, dadas las condiciones de los países sudamericanos.

En cuanto a las condiciones sobre las acciones dinámicas o impacto, estamos con un poco de inseguridad en ese aspecto y aconseja la aplicación de una fórmula del proyecto del Reglamento argentino, del Ing° Hasperué, que ya fué presentado en el anterior Congreso, y que es del tipo corriente, muy análogo al del Reglamento alemán, dividiéndolo en dos tipos de tableros. Analiza las variaciones térmicas, y desde luego deja libradas a cada país la fijación, y sobre las fuerzas adicionales, fuerza centrífuga y arranque, juzga conveniente, también, recomendar las normas aconsejadas por el Ing° Hasperué.

Sobre el problema de los diversos materiales, para los puentes aconsejados, no elimina del Reglamento internacional, a los puentes de madera, apoyándose, precisamente, en los grandes perfeccionamientos que ha tenido la estructura de madera, tanto por la madera misma o por la forma de unión —como por ejemplo el uso de los conectadores, etc.—, y dadas las condiciones de muchos países sudamericanos, que pueden llegar a utilizar madera de calidad a muy bajo costo.

Sobre los puentes soldados, propone dejarlos de lado en el Reglamento, dados los fracasos experimentados que indudablemente ha habido en la construcción, y, desde luego, que sin impedirlo, propone que no queden excluídos de este Reglamento general, aunque sí, sean objeto de normas especiales.

Sobre los métodos de cálculo, finalmente, propone que se pueden aceptar todos los métodos de cálculo de esfuerzos siempre que estén basados en teorías o criterios reconocidos como buenos en resistencia de materiales o estabilidad de construcciones. Este sería un breve resumen sobre el trabajo .

Ahora, sobre este asunto vendrían las conclusiones que se podrían deducir sobre el criterio de no referirse nada más que a temas generales, como dice el autor del trabajo, dadas las dificultades de toda norma de carácter internacional. Pero también creo que puede pensarse en estudios más concretos para trabajos de futuro, una vez aunadas opiniones sobre trabajos generales, ya que hay mucha parte de normas específicas para determinados tipos de puentes, que no hay por qué creer, por lo menos no lo parece a primera vista, que presenten dificultades insalvables. De este tipo sería, por ejemplo en estructuras metálicas, además de los materiales y coeficientes de trabajo a que ya se hizo referencia:

dimensiones y espesores mínimos de perfiles, normas generales de remachado, esbelteces límites, bases generales para el cálculo de esfuerzos, etc. En ese sentido parece conveniente la inclusión de puentes de madera, dados los perfeccionamientos en la clasificación y protección de la madera por una parte, y en el desarrollo de los conectadores, como medio de unión esencialmente simplificado de los sistemas estructurales.

En cambio, la soldadura debe ser aún —en muchos países sudamericanos, por lo menos— objeto de normas y condiciones especiales, dado el pequeño desarrollo que ese medio de unión tiene, aún para estructuras sometidas a esfuerzos estáticos, y que su técnica requiere cuidados especiales para evitar fracasos posteriores. Desde luego, me parece inconveniente llegar a prohibir su utilización.

Por último, el otro motivo interesante de observaciones, es el valor del impacto a utilizarse en las normas. Quizás éste sea el tema más difícil de concretar y de informar, dado que depende esencialmente, no sólo de las condiciones de colocación de la vía —condición fácilmente separable en dos o tres tipos, como lo propone el mismo autor del trabajo—, sino también, y en modo especial para puentes grandes, del tipo de material rodante con sus grandes variaciones posibles de un país a otro (especialmente, por la diferencia de origen del material de tracción). La adopción, pues, de la fórmula de impacto se podría hacer en dos etapas: de inmediato se podría elegir alguna de las normas racionales existentes, previo un estudio de las características del material rodante. Este estudio previo serviría también para la clasificación de los puentes existentes.

En la 2ª etapa, como consecuencia también de la normalización posible del material rodante y de acuerdo con los estudios hechos, se podría ver la posibilidad de llegar a una norma única.

Desde luego, con carácter general, creo que correspondería que el Congreso apoyara la decisión de realizar una reglamentación internacional de puentes ferroviarios.

SEÑOR BAEZ DIAZ (Venezuela). — Tengo entendido que en el anterior Congreso realizado en Bogotá, se presentó un interesante trabajo del Ingº Hasperué, sobre Reglamentación internacional para cálculos de puentes ferroviarios. Allí también se presentó otro trabajo interesante del Ingº Vignolo Murphy sobre el impacto, y aunque yo no intervine en ese Congreso, he leído las memorias, y sé, además, por los compañeros, que dicho Congreso recomendó enviar, tanto en lo que se refiere al trabajo del Ing. Hasperué, como al del señor Ing. Vignolo Murphy, a las diversas Comisiones Nacionales de los diversos países concurrentes al Congreso, para que hicieran su estudio y enviaran al Comité Ejecutivo de Buenos Aires —en un plazo relativamente breve, no recuerdo si era de seis meses o un año—, sus conclusiones sobre ambos trabajos, a fin de que este Congreso se pronunciara definitivamente sobre el Reglamento internacional relativo a cálculos de puentes ferroviarios.

Ahora, no sé en qué quedó este asunto, porque en Venezuela, por lo menos, creo que no se hizo ningún estudio al respecto. Yo no pertenecía a la Comisión en ese entonces, pero tengo entendido por varios compañeros, que no se hicieron esos trabajos y no se remitió nada al Comité de Buenos Aires. No sé, tampoco, las decisiones acerca del Reglamento y del trabajo del señor Ingº Vignolo Mulphy por el Comité

de Buenos Aires. Desearía que alguno de los señores Delegados me informara, porque pensamos en Venezuela, que en este Congreso se promulgaría definitivamente la reglamentación internacional para el cálculo de puentes ferroviarios. De modo que rogaría a alguno de los señores Delegados me informara en qué quedó todo esto.

SEÑOR RICALDNI (Uruguay). — Creo que no debe haber nada, porque si no, hubiera venido como antecedente, con el trabajo.

SEÑOR BAEZ DIAZ (Venezuela). — En ese caso, creo que está pendiente ese asunto y yo pediría que se tomaran en cuenta las recomendaciones de mi compatriota, el Ing. Sanabria, y muy especialmente el importante trabajo presentado por la Comisión Norteamericana que se leyó hace unos minutos, en el tema Nº 2.

SEÑOR VIGNOLO MURPHY (Perú). — Para este trabajo sobre puentes, se puede designar una Sub-Comisión, para que lo estudie.

SEÑOR PRESIDENTE. — Yo había proyectado, con los señores Secretarios dejar esta tarde libre, para que se puedan estudiar todos los trabajos, y volver a sesionar el lunes a las 9 horas, e informar entonces las Sub-Comisiones, para así, si ustedes desean tener mayor conocimiento de la materia, no de la materia general sino de los trabajos presentados.

Yo no soy de la especialidad de vía y obras y conozco muy poco de la materia pero, conozco el pensamiento general de mi país en cuanto a que se apoya la uniformación de la reglamentación de puentes, es decir, que se desea llegar a tener un reglamento internacional para el cálculo de puentes ferroviarios, que creo sería el ideal.

SENOR QUIRÓS (Chile). — Yo quisiera agregar algunas palabras sobre este asunto. Después de la recomendación de Bogotá nosotros tratamos con esos buenos propósitos que todos tenemos de llegar a algo realizable, de presentar y mandar oportunamente a Buenos Aires, nuestra Reglamentación, porque estamos de acuerdo en que es indispensable hacerlo y, desgraciadamente, por una causa u otra, las personas que se destinaron para ese efecto no se reunieron y, hemos llegado en falencia sin haber adelantado todo lo que hubiéramos deseado, pero sentimos la necesidad de que se haga. De manera que nunca está de más que volvamos otra vez a lamentar, que las naciones o los países no hayan cumplido las etapas que se les requirió, pero desearía que esta vez se tomen un poco más de empeño y lo hagan.

SEÑOR PRESIDENTE. — Hay dos mociones: la que yo propongo que era la de dar libertad a los señores Delegados para estudiar estos asuntos esta tarde, y la de levantar la sesión de inmediato porque el señor Ministro de Relaciones Exteriores desea saludar a las Delegaciones que han sido invitadas al Congreso. Están a consideración de los señores Delegados las dos propuestas.

SEÑOR CARRASCO ACUÑA (Chile). — Se podrían nombrar, de inmediato, las Sub-Comisiones.

SEÑOR PRESIDENTE. — Está a consideración de los señores Delegados.

SENOR CARRASCO ACUÑA (Chile). — Entiendo que ya existe un criterio claro sobre esto, de modo que creo se debía proceder a nombrar las Sub-Comisiones.

Señor Presidente. — El peligro que hay en nombrar las Sub-Comisiones es el de que al empezar a estudiar los trabajos las Sub-Comisiones, se repita en pequeño el debate que se ha suscitado en esta sesión y, también, el de que los Delegados no tengan tiempo de estudiar los trabajos, porque, por ejemplo, hay Delegados que han llegado recién hoy. Por eso las Sub-Comisiones tendrían que empezar su labor recién el día lunes, teniendo libertad los señores Delegados para estudiar los trabajos, cambiar ideas e interesarse por todos aquellos trabajos que todavía no conocen.

Señor Carrasco Acuña (Chile). — Yo, en ese caso, considero, dada la premura del tiempo, que debemos trabajar esta tarde, porque, si vamos a diferir trabajos para el día lunes no vamos a tener tiempo de sesionar en esta Comisión; el martes debemos realizar una visita fuera de Montevideo, y, además, tenemos otra el día jueves. Así, señor Presidente, que hay dos días para resolver los 22 trabajos que están a consideración de esta Sección, y, naturalmente, va a ser imposible realizarlo, si no aprovechamos el tiempo trabajando esta tarde.

Señor Presidente. — El objeto de la proposición, no era diferir trabajos para otro día, y sabemos perfectamente, señor Delegado, que el tiempo es muy breve; pero la proposición se ha formulado con el objeto de que los Delegados pudieran compenetrarse mejor de los trabajos a su estudio. Ahora, podríamos hacer lo siguiente: empezar a sesionar un poco más tarde, a las 17 horas, y así tendremos tiempo hasta esta hora para intercambiar ideas sobre estos trabajos.

(Apoyado).

Por consiguiente, está a consideración de los señores Delegados, esta nueva propuesta.

Señor Aramayo. — Está catalogado en el programa, que las Comisiones se reúnan a las 14 y 30...

Señor Secretario. — En el programa está indicado que las reuniones de Comisiones se efectuarán a las 14 y 30 hs., pero entiendo que las Comisiones por sí mismas pueden modificar esa hora y proponer otra. Además, la conferencia que debía dar la Delegación chilena esta tarde, a la hora 19, creo que ha quedado postergada para mañana de mañana; de modo que esta tarde los Delegados quedan en libertad de disponer su tiempo.

Señor Presidente. — Mi propuesta era la siguiente: dar tiempo a los señores Delegados para estudiar los trabajos y cambiar ideas, y luego sesionar la Comisión en pleno, desde las 18 hs. hasta las 21 hs., o desde las 17 hasta las 20 hs.

Señor MacCormack. — Podríamos fijar desde las 17 y 30 hasta las 20 y 30 hs.

Señor Meaurio. — Me parece muy práctica la moción formulada por el señor Presidente, porque permitiría poder designar tantas Sub-Comisiones como resultara de dividir el número de trabajos en grupos. Yo creo que son 22 trabajos, por lo cual serían 4 Sub-Comisiones, y que cada una de ellas estudiara cinco trabajos. No sería una tarea muy grande. De modo que hoy mismo, a las diez y siete, podríamos cumplir con el reglamento reuniéndonos en Comisión, con conclusiones definidas.

(Apoyado).

SEÑOR PRESIDENTE. — Entonces, se van a designar las Sub-Comisiones que considerarán los temas Nos. 2 y 3. Son temas que posiblemente podrían ser motivo de la designación de dos Sub-Comisiones, solamente.

SEÑOR RICALDONI (Uruguay). — Se podrían designar dos Sub-Comisiones, con un Relator para cada una de ellas.

(Apoyado).

SEÑOR PRESIDENTE. — Para la Sub-Comisión que tratará los temas 1 y 2, se designa a los señores Delegados: Ricaldoni, De Medina, Del Río, Vignolo Murphy, Burlamaqui y MacCormack. Para la Sub-Comisión que tratará los temas 3 y 4a, a los señores Delegados: Muirden, Lúgaro, De Angeli, Williams y Scotucci, y para la Sub-Comisión que trataría el tema 4, se designa a los señores Delegados: Elorza, Aramayo, Quirós, Ferrer, Baez Díaz y Sorondo Campaneria.

SEÑOR CARRASCO ACUÑA (Chile). — Yo quisiera que los señores Delegados se compenetraran de la responsabilidad de este Congreso, ya que hoy hemos empezado a sesionar con 20 minutos de atraso, y por consiguiente, recomendaría a los señores Delegados, que nos reuniéramos con puntualidad.

(Apoyado).

SEÑOR PRESIDENTE. — De modo que esta Comisión se reunirá a las 17 horas y 30 minutos, sin perjuicio de que los señores Delegados puedan reunirse antes en las Sub-Comisiones. Por consiguiente, queda terminado el acto.

(Así se hace, levantándose la sesión).

(Son las 12 horas).

SESION CELEBRADA EL DIA 6 DE ABRIL DE 1946, A LA HORA 18 Y 5

PRESIDENTE: *Ingeniero PEDRO P. MARTIN.*
SECRETARIOS: *Ingeniero ANTONIO J. CASABO e Ingeniero RAUL PIRIZ.*

SUMARIO:

Consideraciones generales sobre la labor de las Sub-Comisiones.—El trabajo Nº 38, pasa a la Sub-Comisión del Tema 4.

2ª SESION

Asisten los señores Delegados: Remo Scotucci, Carlos E. Meaurio, Roger F. Williams, A. S. Muirden, Pablo A. Ebrecht, Raúl A. Colombo, por la Argentina; Rodolfo Aramayo Zapata, por Bolivia; Jorge Burlamaqui, por Brasil; Carlos J. Olarte, por Colombia; Rafael Sorondo Campanería por Cuba; Gabriel Quirós González, Jorge del Río, Enrique Carrasco Acuña, por Chile; Jorge Alzamora Vela, por Ecuador; Carlos Vignolo Murphy, por Perú; Manuel Lúgaro, Daniel G. MacCormack, Arturo Ferrer, Félix de Medina, Julio Ricaldoni, Vicente Elorza, Víctor De Angeli, por Uruguay; y Luis Baez Díaz, por Venezuela.

SEÑOR PRESIDENTE. — Está abierta la sesión. Deseo felicitar a los señores Delegados, por la labor desarrollada en las Sub-Comisiones. Como el trabajo ha sido grande, y queda, todavía, algo por hacer en las Sub-Comisiones, he acogido con todo calor la proposición que se me ha trasmitido por medio de la Secretaría, que consiste en postergar la sesión que íbamos a realizar esta tarde, hasta el lunes a la hora 17, dando así tiempo a las Sub-Comisiones, para expedirse en los temas a estudio. De modo que rogaría a los miembros de las Sub-Comisiones, vayan pasando sus trabajos a Secretaría, a fin de que ésta, a su vez, los envíe con el objeto de ser repartidos, para que los señores Delegados puedan conocer el informe de cada Sub-Comisión.

La sesión de la Sección A, repito, sería el lunes a las 17 horas, porque el domingo no se reúnan las Comisiones; de ese modo, tendríamos en esa tarde y la mañana del lunes, el tiempo suficiente para conocer los informes de las Sub-Comisiones.

SEÑOR SECRETARIO. — La Secretaría recibirá todos los trabajos realizados por las Sub-Comisiones para hacerlos pasar en limpio y repartirlos a los señores Delegados, los cuales tendrían toda la mañana del lunes para estudiarlos y hacer las modificaciones que a su criterio creyeran convenientes.

SEÑOR ARAMAYO (Bolivia). — Desearía aclarar, antes de levantarse la sesión, si el trabajo Nº 38 del tema 3, se incluye en el tema 4, conjuntamente con el trabajo Nº 26, porque creo conveniente que se considere en la misma Sub-Comisión, por la afinidad del tema.

SEÑOR PRESIDENTE. — Me parece muy bien.

Señor Lugaro (Uruguay). — La duda la tendríamos, en el sentido de si pasa a la Sub-Comisión que considera el tema 3 o a la que considera el tema 4.

Señor Presidente. — La Comisión, es decir, la Sub-Comisión que tiene a consideración el tema 3, me parece que es la que tiene menos trabajo.

Señor Lugaro (Uruguay). — Al contrario, señor Presidente, es la que tiene más trabajo, puesto que tiene que rehacer todo un informe.

Señor Ferrer. — Con espíritu práctico...

Señor Aramayo (Bolivia). — ¿Me permite?

Señor Ferrer. — Con mucho gusto. Iba a completar su idea, señor Aramayo.

Señor Aramayo (Bolivia). — Quería leer la conclusión a que ha llegado la Sub-Comisión que yo integro.

Señor Ferrer (Uruguay). — Si me permite el señor Delegado, voy a completar la idea del señor Lúgaro. Da la casualidad, que los dos trabajos, el 38 y el 26, tiene el mismo relator, que es el Ingº señor Lúgaro, el cual nos ha dado una idea a los miembros de la Sub-Comisión que estudia el tema 4. Por eso pediría al señor Presidente, quiera invitar al señor Ingº Lúgaro a que exprese su opinión, que es coincidente con la de los miembros de nuestra Sub-Comisión.

Señor Lúgaro (Uruguay). — Entiendo que el tema encuadra mejor en la Sub-Comisión que estudia el tema 4 que en la que estudia el tema 3.

Señor Presidente. — Está a consideración, entonces, la proposición del señor Ingº Lúgaro, a fin de que pasen estos dos trabajos, a la Sub-Comisión que estudia el tema 4. Se va a votar si se aprueba.

(Se vota: Afirmativa).

Ahora, señores Delegados, vamos a considerar la proposición sobre la forma de trabajo. Desearía saber si ustedes aceptan que esta sesión se reinicie el lunes 8 a las 17 horas, y, mientras tanto, las Sub-Comisiones pueden terminar sus trabajos, independientemente y en contacto directo con la Secretaría.

(Apoyado).

Señor Presidente. — Se va a votar si se aprueba esta proposición.

(Se vota: Afirmativa).

Señor Secretario. — Voy a solicitar a los miembros de las Sub-Comisiones que hayan terminado sus trabajos, quieran tener a bien pasarlos a Secretaría, para yo, a mi vez, entregarlos a las oficinas de este Congreso, para que los pasen en limpio y se repartan. Ya tengo el trabajo de una Sub-Comisión.

Señor Ferrer (Uruguay). — Si me permite, señor Presidente, deseo plantear a los compañeros en esta Sección, un punto que ha sido sugerido por uno de los miembros de la Sub-Comisión que estudia el tema 4, el señor Ingº Elorza, que me voy a permitir trasmitirlo, porque le veo muy ocupado en estos momentos. Interesa, por un lado, que las Sub-Comisiones, trabajen libre y automáticamente; eso tiene mucha ventaja; pero, por otro lado, interesa mucho, cierta unidad de acción, y, en ese sentido, me permito trasmitir a los demás compañeros de esta Sección que trabajan en las otras dos Sub-Comisiones, la siguiente sugestión, que nosotros pensamos ponerla en práctica: se trata de que

estos informes de las Sub-Comisiones, en lo posible, lleguen a conclusiones concretas, sobre todo cuando se vea que se encuentran trabajos que, por su similitud, puedan ser agrupados, y entonces, en vez de ir produciendo informes individuales y un poco rutinarios, si se quiere, se vea la posibilidad, siempre que ello sea factible, de llegar a una conclusión de conjunto entre las distintas Sub-Comisiones, con respecto al tema, la cual será trasmitida a la Sección, para que, a la luz de nuevas opiniones pudiera ser ampliado, perfeccionado o abreviado.

SEÑOR PRESIDENTE. — Considero muy interesante su proposición, señor Delegado.

SEÑOR FERRER (Uruguay). — No es mía, señor Presidente, es del Ingº Elorza; yo la he trasmitido, porque lo veo que está muy ocupado.

SEÑOR VIGNOLO MURPHY (Perú). — Nuestra Sub-Comisión ya lo ha hecho.

SEÑOR SECRETARIO. — Debo informar que, una de las Sub-Comisiones, la que tiene a su estudio los trabajos 12 y 55, ya lo hizo así. De modo que ha producido un informe, considerando que esos dos trabajos deben tratarse bajo las mismas conclusiones.

SEÑOR FERRER (Uruguay). — Me alegro mucho de que una Sub-Comisión se haya adelantado a nuestra proposición.

SEÑOR PRESIDENTE. — Completando la indicación del señor Ferrer, cuando le hablaba de independencia, no quería decir con ello, que me olvidaba de la inter-dependencia que existe entre las Sub-Comisiones, o al cambio de ideas, al canje de los trabajos, diremos, que nos dará la unidad de pensamiento y de criterios, a fin de que todos los Delegados vengan informados de lo que se ha hecho en las distintas Sub-Comisiones.

SEÑOR FERRER (Uruguay). — Felizmente veo que aquí se aplica ese aforismo inglés, un poco humorístico, que dice: «great minds always think alike».

SEÑOR PRESIDENTE. — Exactamente. Si ningún señor Delegado desea hacer uso de la palabra se dará por terminado el acto.

(Así se hace).

SESION CELEBRADA EL DIA 8 DE ABRIL DE 1946. A LA HORA 16 Y 5

PRESIDENTE: *Ingeniero PEDRO P. MARTIN.*
SECRETARIOS: *Ingeniero ANTONIO J. CASABO e Ingeniero RAUL PIRIZ.*

SUMARIO:

Estudio de los informes presentados por las Sub-Comisiones.—Aprobación de las Conclusiones sobre los Trabajos 12, 50 y 55 del Tema 2; Nos. 5, 14, 17 y 18 del Tema 3; Nos. 15, 16, 26 y 38 del Tema 4; y Nº 2 del Tema 4 a.

3ª SESION

Asisten los señores Delegados: Ings. Remo Scotucci, Roger Williams, Pablo A. Ebrecht, Raúl A. Colombo, Carlos E. Meaurio y A. S. Muirden, por Argentina; Rodolfo Aramayo Zapata, por Bolivia; Jorge Leal Burlamaqui, por Brasil; Jorge del Río, Enrique Carrasco Acuña y Gabriel Quirós, por Chile; Carlos Vignolo Murphy, por Perú; Julio Ricaldoni, Daniel MacCormack, Arturo Ferrer, Félix de Medina, Ponciano S. Torrado, Vicente Elorza y Manuel Lúgaro, por Uruguay.

SEÑOR PRESIDENTE. — Señores Delegados: está abierta la sesión. Brevemente deseo hacer saber a los señores Delegados que no tienen copia de los trabajos de las Sub-Comisiones, que pueden solicitarlas en la Secretaría.

Vamos a entrar en materia, señores Delegados. Lástima grande que no estén presentes los señores Relatores de los trabajos, pero a los señores miembros de las Sub-Comisiones que han trabajado para ganar tiempo, —ya que el día de mañana lo emplearemos para visitar Rincón del Bonete—, debo manifestarles, que vamos a comenzar a considerar los asuntos que han estudiado. Propongo que el Ingº señor Casabó dé lectura de los trabajos, y de merecer aprobación, pasaremos al siguiente, y así sucesivamente.

SEÑOR SECRETARIO. — La Sub-Comisión que trata los temas 1 y 2, propone lo siguiente para los trabajos Nos. 12 y 55 que los trata bajo la misma conclusión.

Dice así: «Considerando que el IV Congreso Sudamericano de Ferrocarriles resolvió solicitar de los diversos gobiernos los reglamentos para la construcción de puentes metálicos y de hormigón armado, a fin de que el Comité Permanente pudiese elaborar un proyecto general, para ser sometido a consideración de varios países en el presente Congreso.

«Considerando que en el presente Congreso fueron presentados nuevos trabajos sobre este tema: el V Congreso Panamericano de Ferrocarriles, resuelve:

1º Recomendar de manera especial la continuación de tales es-

tudios, teniendo en cuenta las conclusiones del trabajo sobre: «Ensayos del factor impacto en los puentes ferroviarios» y las indicaciones del trabajo sobre: «Apuntaciones acerca de la reglamentación internacional para el cálculo de puentes ferroviarios».

2º Recomendar que se limite a aquéllas en una primera etapa a las normas de carácter general, relativas a los esfuerzos solicitantes, las fatigas admisibles, etc., teniendo en cuenta los reglamentos argentino, norteamericano, alemán e inglés.

3º Recomendar a los diversos países la ejecución de investigaciones experimentales sobre el efecto del impacto en los puentes ferroviarios, referencia especial a las estructuras de hormigón armado, para poder, sobre la base de las condiciones locales referentes a estructuras y material rodante, establecer normas de cálculo y clasificación de puentes.

4º Recomendar que, dado el valioso aporte que significan los trabajos presentados, sean publicados en los anales del Congreso.»

Señor Presidente. — Está a consideración de los señores Delegados la recomendación de la Sub-Comisión.

Señor Torrado. — ¿Me permite, señor Presidente, una observación de carácter gramatical sobre este artículo que acabamos de aprobar? Me parece que el término impacto no es gramaticalmente correcto; a mí me parece que más exacto sería que se sustituyese «impacto» por «choque». Creo que la palabra «choque», genéricamente, es lo que se quiere expresar. Entiendo que la acción dinámica sobre una estructura es producida por la acción del choque, y el impacto parecería decir, si se ha producido o no, ese choque. Por eso creo que la palabra adecuada es choque y no impacto.

Señor Presidente. — Como no soy especialista en la materia, deseo saber cuál es el exacto origen del empleo de «impacto»...

Señor Del Rio. — ¿Me permite, señor Presidente? Se habla de coeficiente dinámico, de coeficiente de choque y también de impacto; creo que los tres nombres vienen bien, pero me parece que coeficiente dinámico es el que debía utilizarse.

Señor Scotucci. — En la Sub-Comisión, señor Presidente, ha ocurrido algo similar, respecto de la conveniencia de emplear la palabra chapa. Sería, en relación con el riel, la palabra chapa o patín. En el caso nuestro, hemos optado por poner las dos palabras, para evitar que en los distintos países se les dé una interpretación equivocada; por eso yo creo que podría usarse las palabras «impacto» o «choque».

Señor Presidente. — «Impacto» o «efecto de choque», me parece más correcto.

Señor Torrado. — Exactamente.

Señor Meaurio. — Indudablemente, aquí hay una cuestión de léxico o de costumbre. En la Argentina, como usted bien sabe, señor Presidente, consideramos choque —en lo ferroviario— la fricción en el sentido horizontal, cuando un cuerpo choca con otro. El impacto casi siempre, —no siempre—, se produce en el sentido vertical. Yo aconsejaría que se aclarara que el choque no significa, precisamente, el choque de dos vehículos, sino, siempre, el efecto vertical de los impactos. Eso se subsanaría si se agregara, a continuación, «impacto» o «choque», debido al rodamiento.

Señor Presidente. — Creo que lo que debe primar, es el concepto de la mecánica racional.

Señor Meaurio. — Si agregamos la aclaración de que es debido al rodamiento, no es posible la confusión, y no sería posible interpretar que el objeto que se persigue con este trabajo, es calcular la fatiga, cuando se produce, por ejemplo, un choque de trenes en el punto mismo.

Señor Torrado. — De la acción dinámica en la estructura, sin que haya acción ajena.

Señor Meaurio. — Por eso mismo; debido al rodamiento.

Señor Torrado. — Derivado del movimiento del material rodante.

Señor Presidente. — Para poner orden de conceptos, lo mejor es redactar, simplemente, la frase que interprete la ponencia, o de lo contrario, dejarla como está.

Señor Burlamaqui. — En Brasil, señor Presidente, impacto se interpreta lo mismo que choque; por eso me parecería conveniente que aquí se hiciera la aclaración.

Señor Presidente. — Entonces, vamos a proceder a la votación, es decir, a aprobar el proyecto en la forma en que ha sido redactado, con la recomendación de la palabra «impacto». Se va a votar si se aprueba.

(Se vota: Afirmativa).

Señor Secretario. — La misma Sub-Comisión propone como conclusión para el trabajo Nº 50, lo siguiente: «El V Congreso Panamericano de Ferrocarriles, acuerda:

1º Recomendar en general, que en los países sujetos a un régimen de temblores, se dé preferencia a la construcción de puentes metálicos sobre los puentes de hormigón armado.

2º Recomendar la construcción de puentes de hormigón armado, siempre que estas soluciones estén conformes a los puntos siguientes:

a) Preferir la solución de sustentación isostática, sobre los de sustentación hiperestática.

b) Si por razones de economía mayor o por estética, es recomendable una solución de sustentación hiperestática, ésta se hará siempre que el terreno de fundación dé seguridad de que no se producirán asentamientos que afecten la estructura en él.

c) Evitar cepas o estribos enrejados de hormigón armado que estén sometidos a empujes de tierra.

3º Recomendar a las distintas empresas ferroviarias, un intercambio permanente de sus observaciones sobre efectos de los temblores en los puentes ferroviarios.

4º Recomendar la publicación del presente trabajo por constituir un valioso aporte al estudio de este tema.»

Señor Presidente. — Está a consideración de los señores Delegados, la resolución de la Sub-Comisión sobre el trabajo Nº 50.

Señor Meaurio. — Me parece que el punto 2º debe subordinarse al 1º, si no, representaría una confusión de carácter general, no aplicable siempre en los países sujetos a temblores, que es lo que me parece ha querido decirse. Si es así, el segundo punto habría de redactarse en esta forma: «En dichos países se recomienda, no obstante la construcción de puentes...» y sigue como está.

Ruego a los señores Delegados que presten atención, porque al leer los puntos 1 y 2, se nota una contradicción; el primero recomienda la construcción de puentes metálicos, sujetos a un régimen de temblores, y el segundo, recomienda la construcción de puentes de hormigón armado, sin mencionar para nada los países donde se producen temblores. Por eso, para armonizar mejor con las ideas de la Comisión, voy a darle, al segundo punto, esta forma de redacción: «En dichos países se recomienda, no obstante, la construcción de puentes de hormigón armado...» y continúa como está el punto.

SEÑOR QUIRÓS. — Encuentro muy acertada la observación del Ing. Meaurio, porque, en realidad, había una falta de uniformidad de criterio, que se subsana con la observación muy acertada, repito, que hace el Delegado Argentino. Por mi parte, felicito al señor Ingeniero, por haber aclarado la idea.

SEÑOR SCOTUCCI. — Así que diría: «En dichos países se recomienda, no obstante, la construcción de puentes...» etc.

SEÑOR DEL RIO. — En el fondo, señor Presidente, es completamente igual la idea.

SEÑOR PRESIDENTE. — Está a consideración de los señores Delegados la modificación al trabajo Nº 50. El señor Secretario se va a servir leer la fórmula completa.

SEÑOR SECRETARIO. — Trabajo Nº 50.

«El V Congreso Panamericano de Ferrocarriles, acuerda:

1º Recomendar en general, que en los países sujetos a un régimen de temblores, se dé preferencia a la construcción de puentes metálicos sobre los puentes de hormigón armado.

2º En dichos países se recomienda, no obstante, la construcción de puentes de hormigón armado, siempre que estas soluciones estén conformes...» y continúa en la forma que está redactado.

SEÑOR PRESIDENTE. — Si no hay observación, señores Delegados, se va a proceder a votarlo.

(Se vota: AFIRMATIVA).

SEÑOR SECRETARIO. — La otra Sub-Comisión que tenía a su cargo los temas 3 y 4a, ha producido informe sobre algunos de los trabajos.

Trabajo Nº 5: «Comparación de las tensiones originadas en los rieles de vía, colocados en posición vertical o inclinada». Autor: A. R. Inglis (Argentina). Relator: Ingº Félix de Medina.

«La Sub-Comisión hace suyo el informe del Relator, entendiendo que este trabajo es un aporte interesante para el estudio de la colocación más conveniente del riel, por lo que recomienda su publicación en los libros del Congreso.»

SEÑOR PRESIDENTE. — A consideración de los señores Delegados el trabajo Nº 5. Si no hay observación se va a votar.

(Se vota: AFIRMATIVA).

Se va a considerar el trabajo Nº 14, referente a Mampostería.

Hay una aclaración que debo hacer, porque creo que la Comisión no debe cambiar el título de un trabajo, porque ese es el título que el autor le da a su trabajo. Ahora bien; lo que podemos decir es, «recomendar por la mayor profundidad del trabajo...» pero no decir que se considera conveniente cambiar el título.

Señor Scotucci. — Esta mañana surgió el mismo asunto en la Sub-Comisión nuestra. Se trata de una cuestión de traducción. Estos trabajos son presentados por la American Association, y aquí, el traductor ha padecido de un error. En algunos casos, la traducción es literal, como lo hicimos esta mañana, que borramos lo del riel y optamos por decir «el Riel y sus accesorios». Quizás se podrían mantener los dos títulos.

Señor Muirden. — Como lo decía el señor Ingº Scotucci, es puramente una mala interpretación. El tema es exclusivamente sobre hormigón y mampostería, y es absolutamente incorrecto el título del trabajo, no el título del autor, sino la traducción, como lo manifiesta el señor Ingº Scotucci. Por eso mi propuesta tiende a que se cambie el título del trabajo.

Señor Presidente. — Entonces, convendría aclarar que es el cambio de la palabra por estar mal traducida, porque podía molestarse, incluso, el autor.

Señor Scotucci. — La Sub-Comisiión considera conveniente cambiar el título del trabajo Mampostería, por el de «Procedimiento para elaborar hormigones».

Señor Presidente. — Si a los señores Delegados les parece correcto, se va a votar...

Señor Meaurio. — Disculpe la pregunta, señor Presidente: ¿quién hizo la traducción de la palabra «Mampostería»? ¿El Relator o el autor?

Señor Williams. — Según tengo entendido, la traducción se le entregó al Relator y él aconsejaba los términos técnicos empleados en la traducción, que fué una traducción en la cual tuvimos varias modificaciones.

Señor Presidente. — Si ningún señor Delegado desea hacer uso de la palabra, se va a votar la proposición en la forma que aconseja la Sub-Comisión.

(Se vota: Afirmativa).

—Se va a leer ahora, por Secretaría, la conclusión del trabajo Nº 17: «Plataforma y Balasto». Autor: A.R.E.A. (Boletín 451) (EE. UU. de N. A.). Relator: Ingº Daniel MacCormack.

Señor Lugaro. — Permítame, señor Presidente, para decir dos palabras sobre el trabajo Nº 14, antes de seguir adelante con otro trabajo.

La Comisión modificó el informe del Relator. El Relator decía que era un trabajo digno de distribuírse entre los sobrestantes, inspectores de obra, etc. Pero la Comisión ha considerado tan interesante este trabajo que cree debe llegar a conocimiento de todos, y entonces, recomendaba modificarlo en esta forma: Como este trabajo constituye un aspecto muy interesante para ser difundido, aconseja se incluya en las publicaciones del Congreso.

Señor Presidente. — ¿Y por qué no se introdujo esa modificación...?

Señor Lugaro. — Nosotros lo dijimos en el acta de nuestra Sub-Comisión. Solamente deseaba hacer esa aclaración.

Señor Presidente. — Creo que la aclaración que ha hecho el señor Lúgaro es muy valiosa porque es una recomendación para gente que

trabaja. De modo que si la Asamblea no se opone, se haría tal cual lo propone el señor Lúgaro.

Señor Secretario. — Creo que el señor Presidente no entendió lo que quería manifestar el señor Lúgaro. El señor Lúgaro decía que el informe del Relator recomendaba la difusión de ese trabajo entre determinadas personas, y, en cambio, la Sub-Comisión aconseja que se resuelva la publicación en los anales del Congreso sin la limitación aquella que proponía el Relator. Por consiguiente, esta es una resolución mucho más amplia que la que se aconsejaba, y la Sub-Comisión, por creerla más interesante, lo ha resuelto en el sentido que me he expresado, y así se ha aprobado. Entiendo que las Sub-Comisiones que han tenido a cargo el estudio de los trabajos, como ya lo hemos visto, aconsejan la aprobación del informe del Relator, tal cual está, pero en otras, aconsejan una resolución más amplia o modificada, como la que se trata en este momento.

Señor Elorza. — La Sub-Comisión ha expuesto la idea de acuerdo con ese criterio. Una vez que estudió el asunto más a fondo no puede haber ningún inconveniente en que se proceda así, tal cual se solicita.

(Apoyado).

Señor Presidente. — Habiendo sido apoyada la manifestación del señor Elorza, queda aprobada.

Señor Elorza. — Pidio la palabra.

Señor Presidente. — Tiene la palabra el señor Delegado.

Señor Elorza. — Generalmente, el Relator tiene una posición un poco reticente, porque ignora mucho, no del problema en sí, pero puede tener sus dudas respecto a la fuente de información u otra clase de dudas que constituyen un complejo de opinión. Cuando varias personas se aplican al estudio de un asunto, es más fácil convenir en el verdadero valor técnico del trabajo.

Señor Secretario. — Se va a dar lectura a la recomendación para el trabajo Nº 17: «Plataforma y Balasto». Autor: A.R.E.A. (Boletín 451) (EE. UU. de N. A.). Relator: Ingº MacCormack.

(Lee):

La Sub-Comisión aconseja adoptar el siguiente título para el trabajo: «Obras de tierra, balasto y alcantarillado» en vez de «Plataforma y balasto», y con las pequeñas modificaciones de la traducción indicadas en la copia del informe del Relator, que se adjunta, se aprueba dicho informe, que dice: «Por la importancia de los problemas que se estudian en el presente trabajo y el interés que tiene para todos los Ferrocarriles del Continente Americano, me permito aconsejar su publicación en las Memorias del Congreso».

(Entra a Sala el señor Ministro de Obras Públicas, don Tomás Berreta, acompañado por el señor Presidente del V Congreso Panamericano de Ferrocarriles, Ingº Mario Lenzi.)

Señor Ministro de Obras Publicas. — Nosotros los políticos intervenimos en muchos Congresos, pero la verdad es que no nos consagramos nunca a las tareas en una forma tan ahincada y tan permanente como lo están haciendo ustedes en estos momentos.

Señor Presidente. — Estamos terminando el estudio de proyectos de carácter económico.

SEÑOR MINISTRO DE OBRAS PUBLICAS. — Ustedes están muy ocupados y yo no los voy a molestar más.

(Se retira el señor Ministro de Obras Públicas).

SEÑOR PRESIDENTE. — Estaba a consideración de esta Comisión, el trabajo Nº 17 relativo a «Plataforma y Balasto».

SEÑOR SCOTUCCI. — Aquí tenemos una reproducción del caso que comentábamos hoy. El título era «Plataforma y Balasto»; en realidad, «plataforma» no tiene nada que ver. Es plano de formación del terraplén o terraplenes; en general, obras de tierra. Por eso es que se ha traducido por «obras de tierra»; «balasto», continúa igual, y como se habla de alcantarillado, se ha completado el título del trabajo con la palabra «alcantarilldo». Eso es, en relidad, de lo que habla el trabajo.

SEÑOR VIGNOLO MURPHY. — Las palabras «Obra de tierra», podrían ser sustituídas por «explanación».

SEÑOR SCOTUCCI — Es una palabra extraña, de muy poco empleo.

SEÑOR LUGARO. — En el Uruguay pasaría algo semejante.

SEÑOR SCOTUCCI. — Ya hemos discutido eso, mucho. Por ahí hay otra palabra rara que se usa un poco más al norte de Sud América, que no recuerdo bien cuál es.

SEÑOR VIGNOLO MURPHY. — «Terracería».

SEÑOR SCOTUCCI. — Eso es.

SEÑOR COLOMBO. — ¿No sería posible que se refiriera todo a «explanación»?

SEÑOR PRESIDENTE. — Ruego a los señores Delegados que levanten un poco más la voz, porque no se oye.

SEÑOR COLOMBO. — Yo preferiría que se dijese «Obra básica y balasto». En la obra básica está incluído todo lo que es obra de tierra o de cualquier otro material.

SEÑOR PRESIDENTE. — En definitiva, ¿qué sugiere, señor Delegado?

SEÑOR COLOMBO. — Yo propondría que se dijera: «Obra básica y balasto».

SEÑOR CARRASCO ACUÑA. — Nosotros, en Chile, usamos la palabra «infra-estructura», que abarca, precisamente, todo eso.

SEÑOR LUGARO. — La Sub-Comisión consideró todos estos términos, y, evidentemente, mientras no haya un léxico universal establecido para esta terminología, aconsejó adoptar el que le pareció que era más conocido entre la mayoría de los países de América: «Obras de tierra». Por eso la Sub-Comisión optó, luego de una larga discusión, por ese término.

SEÑOR PRESIDENTE. — Si los señores Delegados están de acuerdo, se va a votar tal cual ha sido propuesto.

(Se vota: AFIRMATIVA).

—Vamos a entrar a la consideración del trabajo Nº 18. Léase.

(Se lee):

Trabajo Nº 18: «Vía». Autor: A.R.E.A. (Boletín 451). Relator: Ing. Daniel G. MacCormack.

Se aprueba el informe del relator, que dice:

«Por la importancia de los problemas que se estudian en el presente trabajo y el interés que tiene para todos los Ferrocarriles del Con-

tinente Americano, me permito aconsejar su publicación en las Memorias del Congreso.»

Si no se hace uso de la palabra se va a votar si se aceptan las conclusiones de este trabajo.

(Se vota: AFIRMATIVA).

SEÑOR SECRETARIO. — ¿Me permite, señor Presidente? Como relator del trabajo Nº 38, debo manifestar que este trabajo pasó a estudio de otra SubComisión, conjuntamente con el trabajo Nº 26.

SEÑOR PRESIDENTE. — Fué la proposición que hizo el señor Ing. Lúgaro en la sesión de ayer.

SEÑOR SECRETARIO. — Correspondería poner a consideración de esta Comisión, distintas conclusiones sobre el tema Nº 4a, trabajo Nº 2.

SEÑOR PRESIDENTE. — Léase.

(Se lee):

Esta Sub-Comisión ha estudiado el trabajo Nº 2, y coincide con la opinión del Relator y conclusiones del autor, pero con la salvedad de cambiar —en el artículo primero— las palabras «en las zonas rurales» por: «Lugares de escaso tráfico ferroviario».

SEÑOR MEAURIO. — Pido la palabra.

He notado que tanto en el informe del Relator como en el que produce ahora esta Sub-Comisión, se ha omitido recomendar la publicación del trabajo. Sus razones habrán tenido para no indicar que se proceda de esa manera. Además, desearía formular una observación sobre la modificación propuesta de zona de escaso tráfico en vez de zonas rurales, y para eso, los señores Delegados me van a permitir que los distraiga por breves minutos.

El Automóvil Club Argentino que represento en estos momentos, sufre muchísimo cuando ocurre una muerte en un paso a nivel, y creo que no es privilegio del Automóvil Club Argentino, sino que a todos les ocurre lo mismo. El objeto perseguido con la modificación propuesta en el movimiento de la barrera, es evitar que la barrera abierta de tipo basculante, constituya una verdadera trampa para el automovilista, y me voy a permitir decir por qué. El automovilista que se acerca a un paso a nivel, si ve abierta la barrera de tipo basculante, que son las que nosotros estamos acostumbrados a ver, se confía y pasa libremente. Desgraciadamente, en varios hechos, no ha ocurrido así, y se han producido desgracias, sea porque el guarda-barrera se ha distraído o sea porque el guarda-barrera ha tenido que ausentarse, o sea porque el Ferrocarril no ha podido poner otro turno para reemplazar a ese guardabarrera. Entonces, la solución que nosotros buscamos es hacer visible, desde larga distancia, si el guarda-barreras está o no en el desempeño de su función.

Por eso he pensado que transformando el movimiento basculante en movimiento giratorio, tendremos para la barrera, tres posiciones posibles, en vez de las dos que ofrece la barrera basculante, porque ésta barrera no puede estar más que en dos posiciones: abierta o cerrada, y de tal manera, no hay seguridad para que el automovilista pueda transitar con libertad y seguridad; pero si la barrera que se adoptara para esos casos, fuera la giratoria, puede adoptar tres posiciones.

Supongamos que el camino vaya hacia el norte: si la posición de

la barrera fuera con dirección al norte, cerrará el riel y dejará abierto el camino La posición segunda, sería, apuntando hacia el oeste: es decir, cierra el camino y abre la vía del ferrocarril. Estas dos posiciones son similares a las del tipo basculante, con la ventaja de que en la posición norte, la barrera que hubiera quedado así, abierta, por distracción del guarda-barreras, es más visible para el maquinista, puesto que la barrera clausura el ferrocarril, y entonces, el maquinista procurará hacerse advertir, para que si un automovilista pasa en esos momentos, oiga el silbato de la locomotora y se detenga procurando él a su vez frenar al tren. No ocurre lo mismo cuando la barrera es del tipo basculante, porque si bien el maquinista puede verla abierta, no la ve con la misma nitidez que en la otra posición de barrera giratoria. Ahora, con la barrera giratoria, podemos tener la tercera posición, que es su ventaja principal y fundamental, de esta forma de accionar las barreras. Esta barrera colocada en posición sur, queda abierta para el camino y abierta también para el ferrocarril. En esa posición, todo automovilista puede darse cuenta, precedida de la propaganda necesaria, que la barrera en esa posición, no es atendida por el guarda-barrera. Equivale, entonces, a un paso a nivel sin barrera, y el automovilista extremará sus precauciones para cruzar el riel. Las estadísticas nos prueban que los accidentes en los pasos a nivel, sin barrera son en menor número; en cambio, cuando hay barreras, los accidentes, son en mayor número, por el hecho, que he mencionado al principio, por cuanto la barrera tipo basculante abierta, constituye una verdadera trampa para el conductor de un automóvil. Como esto no significa mayor costo, y sí, un mejoramiento, a mi juicio evidente, para el usuario del camino y para la empresa ferroviaria puesto que se evita la producción de accidentes, es que yo propongo tal modificación en el movimiento de este tipo de barreras.

Yo no pretendo que se considere a esto como la mejor solución. Yo sé que cuando se quieren evitar los accidentes en un cien por ciento, la única solución posible y segura es hacer el cruce a distintos niveles; pero esta solución es costosa y por ello no siempre aplicable. Si el Congreso reconociera que este cambio de movimiento es realmente una mejor solución que la otra, habríamos ganado un galón para la humanidad, porque tendríamos una mayor garantía de seguridad en el cruce de los caminos con la vía férrea.

Como en la conclusión de la Sub-Comisión se menciona «lugares de escaso tráfico», hago notar que el beneficio del cambio de movimiento, no sólo es aplicable en los lugares de escaso tráfico, sino también, en los lugares donde hay mucho tráfico, siempre que la barrera existente sea del tipo basculante.

Concretando, señor Presidente, pido que se considere las ventajas de publicar este trabajo en las memorias del Congreso, porque así se ilustra la conclusión que se propone aquí. No bastaría con transcribirlas simplemente en la memoria, sin aclarar al lector en qué consiste la modificación propuesta en el movimiento de la barrera. En segundo término propondría que no se haga mención de los lugares de «escaso tráfico». Eso dependerá del criterio que tenga la empresa ferroviaria, porque así como a algunos les parecería escaso el tránsito de dos tre-

nes, a otros les puede parecer escaso tráfico, diez o veinte trenes, y no nos pondríamos de acuerdo en qué caso se habría que aplicar la reforma de la barrera a que me estoy refiriendo. Yo he esbozado un proyecto de conclusión que dice lo siguiente, que, con el permiso de la Mesa voy a leer, mejorando mi propia conclusión sobre este trabajo, porque mi preocupación a este respecto ha sido constante. Quedan todavía en mi alma mil preocupaciones que he tenido al respecto, cuando desempeñaba el más alto cargo técnico en la Dirección de Vialidad de la Nación, donde presté servicios durante el término de 32 años, y no es ésta la única solución que he propuesto en procura de la misma finalidad, pero, es la más sencilla.

Si los señores Delegados comparten mi opinión de que esa solución es mejor que la otra, —escúcheseme bien que no digo la mejor, sino mejor que la basculante—, yo propongo que la conclusión sea esta: «El V Coongreso Panamericano, considera que la transformación de la barrera basculante en giratoria constituye una mejor garantía de seguridad para los automotores en el cruce de vías férreas con caminos, por cuanto resulta visible la posible ausencia del guarda-barreras, tanto para los que transitan por el camino como para el maquinista del tren; y, 2º, recomendar, la publicación de este trabajo.

Agradezco a los señores Delegados de la Comisión, la paciencia que han tenido al escucharme.

SEÑOR FERRER. — En cuanto al informe que habíamos hecho sobre el interesante trabajo del señor Meaurio, no necesito entrar en consideraciones, porque está copiado y repartido, aunque habría que aclarar el punto sobre el cual habíamos conversado en la Sub-Comisión, donde se sugirió un pequeño cambio con respecto a unas palabras: en vez de decir «zonas rurales», cambiarlas por «escaso tráfico». Cuando se estudió este punto en la Sub-Comisión, con criterio ferroviario principalmente, interpretamos todos, que lo que debe presidir el funcionamiento del sistema de barrera, es ante todo, la seguridad.

Los ferroviarios, sabemos bien que cuando se ponen barreras, es para que estén permanentemente atendidas, y cuando no son atendidas, tienen que quedar cerradas al camino. Tan es así, que recomendé el mecanismo de atención respecto del guarda-barreras, manifestando que el guarda-barreras, no está permanentemente solo allí, sino que corrientemente vive con su familia, y en ausencia accidental de él, queda la mujer y los hijos. Una barrera, desde el momento que se pone en un camino, establece el compromiso, para la empresa ferroviaria, de atenderla permanentemente, y en caso de que no se pueda atender, hay que dejarla cerrada, para evitar, como dice muy bien el señor Meaurio, la trampa que establece la presencia de una barrera, que cuando está abierta, automáticamente da vía libre al camino.

(Apoyado).

Eso fué lo que nos hizo ver, en la Sub - Comisión, que el admitir la posibilidad de la ausencia del guardián, era algo que solamente podía establecerse en lugares de muy escaso tráfico, y le llamamos de escaso tráfico a aquellas zonas donde la circulación, por el camino, sea francamente superior a la circulación por la vía ferroviaria; por eso se hace la transformación de las palabras a que he hecho referencia. Re-

cuerdo que alguno de los miembros de la Comisión, dijo que nosotros no teníamos más concepto que zona urbana o rural; la zona rural puede ser de muy intenso tráfico; en cambio, lo importante, era admitir la ausencia del guarda-barreras, —que es una de las consideraciones que hace el señor Meaurio en su estudio—, solamente en aquellos lugares donde no hubiera mayor tráfico. Por eso aceptamos esa sugerencia. De ahí vino la modificación que he expresado.

En cuanto a mi opinión personal como Relator, debo manifestar que creo haber interpretado fielmente las ideas del señor Meaurio, de que este sistema no podría ser utilizado en los lugares urbanos, donde se usan portones, sino para los lugares rurales. Así que en esa Sub-Comisión no encontramos reservas ninguna, en cuanto a perfeccionar esas palabras, y con ese fin tomamos fielmente las conclusiones que había propuesto en su trabajo el Ing. señor Meaurio. Por eso creí interpretar fielmente su idea, y haber cumplido nuestra misión con esta comunicación que se ha pasado a la Sección.

Señor Elorza. — Yo le preguntaría al autor del trabajo, si en realidad cree, que esas dos modalidades de expresión son contradictorias.

Señor Meaurio. — Si bien no son contradictorias, señor Delegado, no van hacia el fin perseguido, porque si la solución es mejor cuando hay escaso tránsito, quiere decir que no lo es cuando hay mucho tránsito, y no es esa precisamente, la finalidad que he perseguido. He hablado de zonas rurales, es cierto, porque en las zonas urbanas, se usa otro tipo de barrera, conocido con el nombre de «portones», que no es el problema que yo he abordado, sino la barrera común de tipo de palo que comunmente se usan en campaña, haya o no mucho tránsito. Eso no me preocupa por el momento; lo que yo voy buscando, es una solución mejor que la conocida. Si el tránsito en ese lugar, donde existe la barrera es muy intenso, la empresa ferroviaria, le buscará una solución mejor, para evitar los accidentes, no precisamente con el cambio de movimiento, sino, con una solución a distinto nivel.

No sé si he explicado bién la diferencia que existe entre una cosa y otra. Si se acepta la expresión o salvedad de «escaso tránsito», no hay problema en los casos que así sea, desde luego, pero si hay mucho tránsito, la reforma propuesta, no serviría. Sin embargo, creo que sigue sirviendo hasta que no se encuentre otra solución mejor.

Señor Elorza. — Las recomendaciones del Congreso, no serán una imposición a los distintos ferrocarriles, sino que éstos, en vista de estas ideas, las adoptarán o no, según su criterio, en las circunstancias que se presenten. Ciertamente que allí, donde haya un intenso tráfico muy superior respecto de los ferrocarriles, esto constituye una garantía, no hay duda de ello; pero en lo que la Sub-Comisión ha estado completamente conteste con el autor, es en que la modalidad de una tercera posición de las barreras, llamadas basculantes, ahora giratoria, dan una seguridad contra la idea de trampa, idea de seguridad, que el Congreso debe ciertamente apoyar, porque el autor se ha inspirado en defensa de la vida humana y, en eso, todos coincidimos.

Ahora, la adopción de esa modalidad de seguridad, estaría librada, desde luego, en relación de la mayor o menor intensidad del tráfico, sea en zona rural o lugar determinado al criterio de las empresas fe-

rroviarias; pero lo que la Comisión ha reconocido plenamente, es eso: tercera posición, en la cual la barrera que constituye un compromiso para el ferrocarril, desde que la ha colocado, da un aviso cierto al transeúnte que viene por el camino, de que allí, en ese momento, está ausente el guarda-barreras, y por consiguiente, quien vaya a cruzar la vía estará expuesto al peligro. Es lo que deseaba manifestar.

SEÑOR PRESIDENTE. — Considero, y entiendo, como norma para todo Congreso, que el criterio que informa las recomendaciones, es únicamente el valor que tienen de aconsejar que se haga tal o cual cosa, y de ninguna manera es una imposición.

SEÑOR ELORZA. — Exactamente, señor Presidente.

SEÑOR PRESIDENTE. — No hay que olvidarse, que en todos los países del mundo, los ferrocarriles están sometidos, incluso aquellos que tienen su red completamente del Estado, a la policía federal o de ferrocarriles, organismo que controla y ve la conveniencia pública para imponer o no las medidas convenientes. De modo que yo, sin el deseo de dar un voto, considero muy útil el trabajo del Ing. Meaurio, compatriota mío, y, también, estaría por la modificación, digamos, que asegura su mayor difusión. Por eso, es que felicito y apoyo calurosamente el trabajo del Ing. Meaurio.

SEÑOR MEAURIO. — Agradezco de todo corazón, la interpretación que ha dado el señor Presidente sobre el trabajo que he presentado, y corrijo mi olvido de no haber felicitado antes al señor Relator, por la exactitud con que ha producido su informe, interpretando exactamente mi punto de vista, lo mismo que a la Sub-Comisión, y al señor Delegado que acaba de hacer uso de la palabra.

Pediría, entonces, que la Comisión resuelva en qué forma va a redactar la conclusión definitiva: si es con la forma como estaba anteriormente, con la supresión de «escaso tránsito», que me parece que hay ambiente, o bien, en la otra redacción que acabo de hacer, que es más o menos, lo mismo, pero que le da un poco más de fuerza, porque yo interpreto, también, que el Congreso que está constituído en estos momentos, y en esta Comisión, especialmente, por técnicos, no debe temer en pronunciar categóricamente un juicio sobre una solución que es mejor que otra, si vé con evidencia que así es. No se trata de imponer a los ferrocarriles una solución como muy bien lo ha dicho el señor Presidente, pero, si los técnicos reconocen que esa solución es mejor, ¿por qué no decirlo con toda claridad?

SEÑOR QUIRÓS. — Cuando se trató este trabajo en la Sub-Comisión encontramos sumamente interesante la observación del señor Delegado Meaurio, y si no tuvimos ningún inconveniente en aceptarlo en principio, ello demuestra la observación y el cuidado con que han trabajado los señores Delegados.

Yo hice presente que en las líneas de gran tráfico que tenemos nosotros, como por ejemplo, en Santiago-Valparaíso, allí, para evitar accidentes, se ha establecido que la vía esté normalmente cerrada, de manera que las barreras están abajo y sólo se levantan cuando se presenta un automóvil para pasar; eso fué lo que nos hizo inducir a cambiar la palabra «zonas rurales», por «zonas en que hay escaso tráfico ferroviario», porque cuando el tráfico ferroviario, es muy intenso, aca-

so el sistema de barreras sea lento para moverse, y posiblemente no se va a poder hacer funcionar, si se demora mucho tiempo para cerrarla, y después para hacerla abrir nuevamente. Por eso, hemos aplicado este sistema, para el escaso tráfico ferroviario, porque cuando el tráfico es muy intenso, y los ferrocarriles pasan cada 10 o 15 minutos, el abrir y cerrar las barreras, acaso no sea un procedimiento muy rápido, y dará lugar a perturbaciones. Por ese motivo, fué que yo también estimo que la palabra «rural» debe cambiarse, por «escaso tráfico», y estamos muy de acuerdo en pedir a la Mesa que se recomiende la publicación del trabajo, y al mismo tiempo, felicitar al autor.

(Apoyado).

SEÑOR PRESIDENTE. — Precisamente, he felicitado al autor y a los relatores, por el interesante trabajo presentado, sobre todo, porque en él hay una inspiración humanitaria.

SEÑOR FERRER. — ¿Me permite, señor Presidente? Haciendo mías las palabras del señor Meaurio, debo manifestar lo siguiente por ser también, responsable, como Relator: que es el sentir de todos los miembros de la Sub-Comisión, compartir con entusiasmo, esta preocupación del señor Meaurio, al presentar un trabajo tan importante y humanitario como este, y creemos que el mejor modo de homenajearlo era tomar al pie de la letra su conclusión. Si el propio autor propone una modificación, —porque la conclusión que nosotros proponemos, fué, simplemente, tomar la conclusión del autor con algún pequeño ajuste, con lo cual creímos interpretarlo mejor—, entiendo que correspondería poner a votación, si se aprueba la redacción que el propio autor propone a su conclusión...

SEÑOR ELORZA. — ¿Me permite, para expresar una palabra más? La mente del autor, fué la de dejar «zonas rurales» porque prevé que esas zonas sean donde únicamente puede suceder la ausencia del guarda-barreras. Por esa misma razón, es que propone la barrera del tipo que le dé más seguridad al tráfico, y por eso es que se expresó en el término «zona rural» porque en el sentido contrapuesto, en las zonas urbanas, seguramente es más fácil sustituír al guarda-barreras ausente, de inmediato, que en la zona rural. Esa ha sido, parece, la idea fundamental. De manera que se podría llegar a esta conclusión: de convenir, en la recomendación, que se adopte con preferencia, este tipo de barrera giratoria, allí donde pueda ocurrir la ausencia accidental del guarda-barreras, y francamente, esto puede suceder más en una zona rural, en una zona remota, que en una zona urbana; pero esa zona rural, esa zona remota, también puede ser de gran tráfico vial. Por eso es que yo preguntaba si él entendía que había contradicción entre estas dos proposiciones, pero me alcanzaba la idea del autor, —quisiera que él me lo corroborara—, que fué fundamentalmente la de prever la ausencia accidental del guarda-barreras, por imprevisión de la Administración respectiva, por muerte del guarda-barreras responsable, que es allí, en la zona rural, donde es difícil mandar un reemplazante por razones notoriamente económicas. No sé si me explico, señor Meaurio.

SEÑOR MEAURIO. — Exactamente.

SEÑOR CARRASCO ACUÑA. — Entiendo que el informe de la Sub-Comisión está bien, naturalmente, con la recomendación de que se publi-

que el trabajo del señor Meaurio. El propio autor del trabajo, ha dicho, en algunos de sus párrafos, que el sistema de barreras que él propone, no es el mejor de todos, puesto que hay otros mejores, y por medio de sus propias declaraciones o manifestaciones, apareceríamos nosotros, aprobando la recomendación, como que el sistema era el mejor de todos y en esto hay una mala interpretación.

Sabemos que la mayor parte de los accidentes automovilísticos en los cruces ferroviarios, ocurren, casi exclusivamente, por culpa de los propios automovilistas. Eso es lo que ocurre en Chile. Es muy raro que en Chile haya un accidente automovilístico de que se pueda culpar a la empresa ferroviaria, sino a despreocupación del automovilista. De ahí, entonces, que yo apoye el informe de la Sub-Comisión, solicitando, naturalmente, la publicación del interesante trabajo del señor Meaurio, pero solicitando no se hagan mayores modificaciones, por cuanto las expresiones textuales de la conclusión de la Sub-Comisión, envuelven totalmente el escrito del autor y al mismo tiempo, el objetivo de este Congreso.

Señor Meaurio. — Pido la palabra.

Señor Presidente. — Tiene la palabra el señor Ing. Meaurio.

Señor Meaurio. — Señor Presidente: quiero hacer referencia al empeño del Ing. Ferrer, de que se haga un homenaje al autor, con la conclusión que se propone. Yo no merezco homenaje alguno, lo que yo propongo expresamente, deseo aclararlo, es, un homenaje a la humanidad entera, que es a ella a quien verdaderamente se lo rendimos, con la garantía de su vida; repito, no merezco ese homenaje; y no deseo que sea una preocupación para los señores Delegados, rendirme tal homenaje. Es a la humanidad a quien se le rinde un homenaje, y es por ella, que me estoy preocupando. En cuanto al trabajo en sí, al hablar de «zonas rurales», no he querido referirme únicamente a la posibilidad de ausencia del guarda-barreras, que sería el caso más grave, sino a la posibilidad de distracción del guarda-barreras, que se puede evitar, con el cambio de movimiento de la barrera que propongo.

Contestando al señor Delegado Chileno, quiero aclarar, también, que no se trata de un tipo de barrera nuevo, sino, un cambio de movimiento en las barreras conocidas, que es muy distinto. Ya lo digo en mi trabajo y lo he corroborado, —y se puede comprobar en la versión taquigráfica—, no pretendo que la que propongo sea la mejor solución; muy lejos de eso. Yo sé, y todos ustedes también lo saben, cuál es la mejor solución: es el cruce a distinto nivel. Pero entre una solución barata y otra extremadamente cara, pueden haber soluciones intermedias, mejores, y a eso voy con la conclusión que propongo: que se declare que esta solución, es mejor que el movimiento basculante, no la mejor; no pretendo que sea la mejor, ni lo es, yo mismo lo reconozco, pero sí, mejor que la conocida. Si los señores Delegados comparten conmigo, la opinión de que ese sistema es mejor que el movimiento conocido, ¿por qué no declararlo en una conclusión del Congreso?

Señor Scotucci. — ¿Me permite, señor Delegado, para expresar dos palabras de carácter retrospectivo?

Señor Meaurio. — Con mucho gusto.

Señor Scotucci. — En las grandes ciudades argentinas, hay, desde

tiempo inmemorial, portones pesados, algunos de hierro, pero en general de madera, con sus discos rojos y luces rojas de noche, que efectuaban los movimientos 1 y 2, llamémosle así, de las barreras propuestas por el Ing. Meaurio, pero se ha ido eliminando paulatinamente, y creo que en la Argentina, si queda uno, sería el único que se mantiene en servicio, y precisamente se ha eliminado, por la razón de que son lentos en sus movimientos, como decía el señor Elorza, y eso, en lugares de intenso tráfico, que sería lo supuesto en este caso, es un factor de gran importancia, porque se demoraría en la apertura o en el cierre de los portones, y consiguientemente, perturbaría el tránsito ferroviario y el carretero. Ese es un aspecto.

Ahora, hay otro: el de la barrera que se puede ocultar, es decir, dar la idea, al que cruza el paso a nivel, que en efecto, la barrera está desatendida. Ya se ha hecho un ensayo en la Argentina, con carácter general. La barrera que normalmente sube y baja, en un determinado sector, cuando el guarda-barreras dejaba de atenderla, era inclinada en el sentido contrario. Por eso, el que se acercaba al paso a nivel, no veía ninguna barrera, y tomaba las precauciones debidas. Pero ese sistema no ha podido seguir usándose, porque la Ley argentina, dice expresamente que las barreras deberán ser bajadas al acercarse los trenes, y levantadas, inmediatamente del paso de los trenes. No se ha podido tener un elemento legal, podríamos decir, que favoreciera ese sistema, que ha caído prácticamente, en desuso.

Para terminar, deseo decir, que el trabajo de mi compatriota, el Ing. Meaurio, evidentemente constituye un aporte para la solución de ese inconveniente, y entiendo que podría dejarse en todos los términos que él lo ha expresado, porque al decir «en zonas rurales», se sobreentiende que serán las de las características de las zonas rurales, y si excepcionalmente el paso a nivel tiene un intenso tráfico ferroviario o carretero, habría dejado de ser característico de la zona rural. En ese sentido, yo apoyaría la moción de dejar el texto original del trabajo, por las aclaraciones que se han hecho en la Comisión.

Señor Meaurio. — ¿Me permite, señor Presidente? Unicamente, para que esté en la seguridad de los señores Delegados, que yo no he hablado de portones. Ya sé que el movimiento de los portones es lento y pesado. Yo he hablado de un simple cambio de movimiento del tipo de barrera conocido. El tipo de barrera conocido, sufre dos movimientos: se levanta y se baja; en este tipo que yo propongo, en vez de levantarla y bajarla, gira, de manera que la rapidez del movimiento es la misma. Pero yo no he mencionado para nada, los portones.

Con estas palabras, doy por terminada mi exposición.

Señor Presidente. — Como el debate está ya agotado, debemos votar, si se modifica la recomendación de la Sub-Comisión, tal como lo propone el autor del trabajo, o si se aprueba el informe de la Sub-Comisión.

En primer lugar, se va a votar si se publica el trabajo presentado por el Ing. Meaurio. Los señores por la afirmativa, sírvanse, indicarlo.
(Se vota: Afirmativa).

Señor Ferrer. — Hay dos proposiciones, señor Presidente: la que propone la Sub-Comisión, y la que propone el Ing. Meaurio. La Sub-

Comisión propone modificar las palabras «zonas rurales», por «zonas de escaso tráfico».

En cuanto a lo que ha manifestado el Ing. Meaurio, debo aclarar que cuando yo dije que debíamos tomar la recomendación del Ing. Meaurio como un homenaje hacia el autor, él interpretó que era un homenaje personal. Voy a decir, que no era para hacerle un homenaje, —cosa que también era de justicia—, sino que entendía, que si el propio autor era quien hacía una modificación, nadie mejor que él para aclarar el punto. Por eso voy a dar mi voto, para que se adopte la modificación que propone el señor Meaurio.

Señor Presidente. — Por consiguiente, se va a votar si se modifica la recomendación aconsejada por la Sub-Comisión.

(Se vota: Afirmativa).

Por lo tanto, rogaría al señor Meaurio que concilie con los señores Ferrer y Elorza, la recomendación que consideren más conveniente.

Señor Meaurio. — No quisiera que se interpretara que hay una imposición de mi parte, y para probarlo voy a aclarar, que la redacción que propone la Sub-Comisión era la de reemplazar las palabras «zonas rurales», por «lugares de escaso tráfico», modificación que, entiendo, está rechazada. Entonces cabría considerar, si se vuelve a poner, en vez de «escaso tráfico», «zonas rurales», como lo proponía en mi trabajo.

Señor Ferrer. — El señor Meaurio tiene la recomendación final.

Señor Meaurio. — Sí; pero si la Comisión aceptara la redacción con las palabras que tenía antes, es decir, volver a hablar de «zonas rurales», en lugar de «escaso tráfico», entonces no cabría mi proposición.

Señor Presidente. — En eso estamos. Si el señor Delegado considera que no hay modificación, aceptamos la recomendación como usted la propuso al Congreso.

Señor Meaurio. — No, señor Presidente, porque la Sub-Comisión propuso cambiar una expresión por otra.

Señor Presidente. — Yo decía que se mantuviera la recomendación que se había aconsejado primitivamente.

Señor Meaurio. — Entonces quedaría «zonas rurales», es decir, que la Comisión no propone modificación. Si la Sub-Comisión acepta...

Señor Ferrer. — Por mi parte, encantado, señor Delegado.

Señor Presidente. — Por lo tanto debemos votar si se mantiene la recomendación tal como la propuso el autor, en esta sesión. Los señores por la afirmativa, sírvanse indicarlo.

(Se vota: Negativa).

Habiendo sido rechazada la recomendación propuesta por el autor del trabajo, es necesario modificar forzosamente, la redacción. Propondría, ya que los que han actuado en el debate han sido los señores Elorza, Meaurio y Ferrer, no obstante algunos aportes de los demás Delegados, que sean ellos tres quienes redacten la nueva recomendación, y sigamos con otro trabajo.

Señor Burlamaqui. — Desearía, señor Presidente, que se verificara la votación, porque hay Delegados que no han comprendido bien.

Señor Carrasco Acuña. — Yo entendí que la modificación del Ing. Meaurio, significaba la aprobación del acuerdo en la Sub-Comisión.

Señor Presidente. — Yo propuse votar la recomendación al tra-

bajo del señor Meaurio, tal como él la presentó al Congreso, es decir, sin ninguna modificación.

SEÑOR BURLAMAQUI. — ¿Sin ninguna modificación?

SEÑOR PRESIDENTE. — Sí, señor Delegado; tal como él la propuso. Se va a rectificar la votación. Los señores por la afirmativa, sírvanse indicarlo.

(Se vota: NEGATIVA).

Entonces propongo e insisto, —como del debate ha surgido que la Comisión no se afectaría en cuanto a la modificación—, propongo que los señores Elorza, Ferrer y Meaurio redacten una nueva recomendación. Mientras tanto, podemos seguir con otro trabajo.

Se va a dar lectura del trabajo Nº 15.

(Se lee):

«Esta Sub-Comisión ha estudiado los ocho sub-temas del trabajo Nº 15, y está muy de acuerdo con las conclusiones del Relator, en el sentido de aconsejar su publicación en las Memorias del Congreso, en razón de la información aportada que puede resultar de interés práctico a los diferentes ferrocarriles representados».

Está a consideración de los señores Delegados, el trabajo cuya lectura acaba de hacerse. Si no se hace uso de la palabra, se va a votar si se aprueba.

(Se vota: AFIRMATIVA).

Se va a dar lectura al trabajo Nº 16.

(Se lee):

«Esta Sub-Comisión ha estudiado los diversos cuadros informativos que contiene el trabajo Nº 16, y siendo éstos de sumo interés y utilidad para futuras investigaciones relacionadas con otras maderas obtenibles en distintas regiones del continente, aconseja su publicación en las Memorias del Congreso, coincidiendo en ello con las conclusiones del Relator».

Si ningún señor Delegado desea hacer uso de la palabra se va a votar.

(Se vota: AFIRMATIVA).

Se va a poner a consideración de los señores Delegados los trabajos Nº 26 y 38 que, por resolución se han englobado en uno sólo.

Léase.

(Se lee):

«Esta Sub-Comisión considera que los dos trabajos Nº 26 y Nº 38 corresponden que sean tratados conjuntamente dentro del tema 4 proponiendo a la Comisión que se incluya en las publicaciones del Congreso los referidos trabajos de los Ings. Juan Villalobos Rojas y P. E. Knight sobre «Curvas de acordamiento en las vías férreas» y «Alineación de curvas a piolín».

Si no se hace uso de la palabra se va a votar.

(Se vota: AFIRMATIVA).

Vamos a pasar ahora, a considerar las conclusiones del trabajo del señor Ing. Meaurio.

SEÑOR FERRER. — Pido la palabra. La conclusión, señor Presidente, a que hemos llegado, sería la siguiente: «El V Congreso Panamericano de Ferrocarriles considera que la transformación de la barrera bascu-

lante en giratoria, constituye una mejor garantía y seguridad para los automovilistas, en el cruce del ferrocarril con el camino, por cuanto resulta visible la posible ausencia o desatención de los guarda-barreras, tanto para los que transitan por el camino, como para el maquinista del tren. En segundo término, recomendamos la publicación de este trabajo».

SEÑOR WILLIAMS. — No estoy de acuerdo totalmente, con la redacción que le dan los señores Delegados a la conclusión del trabajo presentado por el señor Ing. Meaurio, porque se manifiesta, definitivamente, que encontramos mejor el sistema nuevo propuesto, —sin ensayo previo y práctico—, que el que se ha utilizado por muchos años, y cuyas ventajas son bien conocidas. Yo preferiría la redacción original de tan interesante trabajo presentado por el señor Ing. Meaurio, porque refleja más nuestro pensamiento en lo que se refiere al problema de los pasos a nivel. Nada más.

SEÑOR PRESIDENTE. — ¿Se pondría a votación la moción propuesta por la Comisión Especial designada, o se votarían las conclusiones a que llega el trabajo original?

SEÑOR WILLIAMS. — Pido la palabra. Lo que yo solicito, señor Presidente, es que se vote la resolución de los puntos 1 y 2 del trabajo original. Claro que es muy interesante para la mayor seguridad del tráfico en el cruce a nivel del camino con el ferrocarril, transformar el sistema de barrera basculante en giratorio, empleando los mismos materiales. Lo importante, sería recomendar, primeramente, en los países americanos, el ensayo de esa barrera, y, si en la práctica, se ve que ofrece mayores ventajas la barrera giratoria que la basculante, la podríamos adoptar, y entonces, sería un triunfo para este Congreso y para el señor Delegado autor de este trabajo; pero si en la práctica resulta que la barrera giratoria no es mejor que la basculante, entonces seguiríamos usando esta última, que, en la práctica, ha demostrado ser la mejor.

SEÑOR PRESIDENTE. — Entonces votaríamos, en primer término, la recomendación que figura en el original.

SEÑOR MEAURIO. — Me parece, señor Presidente, que debería procederse a la votación por orden cronológico, desde el momento en que la Comisión resolvió que esta Sub-Comisión nombrada a esos efectos estudiara una nueva redacción. Si esta recomendación propuesta por la Sub-Comisión resultara negativa, entonces, se pondría a votación la recomendación del trabajo original. Con cualesquiera de las dos soluciones quedo muy contento.

SEÑOR ELORZA. — Pido la palabra. El debate ha sido reabierto por la nueva proposición formulada por el señor Williams, desde el momento que él ha introducido la idea de que, previamente, se ensaye con esa barrera giratoria. Lo que ha solicitado el señor Delegado Williams, es que el Congreso recomiende el ensayo de esa barrera, y, si de ese ensayo resulta que es mejor que la otra, podrá adoptarse en definitiva esta clase de barrera.

SEÑOR PRESIDENTE. — ¿Están conciliados los dos puntos?

SEÑOR ELORZA. — Sería cuestión de redacción, nada más, señor Presidente.

SEÑOR MEAURIO. — La redacción de la recomendación sería la que

figura en el informe primitivo del Relator, que coincide con la mía en el trabajo original.

Señor Presidente. — ¿Cómo quedaría?

Señor Scotucci. — Podría recomendarse su publicación.

Señor Presidente. — Entonces se votaría la recomendación del autor más la recomendación de la publicación.

Señor Carrasco Acuña.— Quedó perfectamente aclarado cuando empezó este debate en el seno de la Sub-Comisión que se nombró aquí, mantener el texto original del autor, con solamente el cambio de las palabras «zonas rurales» por las palabras «zonas de poco tráfico». Creo que con esa aclaración, el asunto está resuelto.

Señor Presidente. — Está terminado.

Señor Carrasco Acuña. — Dejando constancia de que se trata de zonas de poco tráfico.

Señor Presidente. — ¿El señor Relator acepta esa redacción? Lo que votaríamos sería la redacción original del autor, más el agregado: recomendar la publicación del trabajo, en los anales del Congreso.

Señor Elorza. — Recomendando, también, el ensayo.

Señor Presidente. — Yo agradecería que se leyera la redacción.

Señor Meaurio. — Las conclusiones son las mismas que figuran en el primitivo informe del Relator que coinciden con las mías, y que dicen lo siguiente: (Lee):

1º Aprobar las conclusiones del autor que son:

a) Considerar de interés para la mayor seguridad del tránsito en los cruces a nivel de camino y de ferrocarril, en las zonas rurales, transformar el sistema de barreras basculante por el sistema giratorio empleando los mismos materiales.

b) Recomendar se ensaye en los países panamericanos, la transformación en el movimiento de barreras, tal como se propone en el presente trabajo.

A esas dos conclusiones, habría que agregarle la de que se recomienda la publicación de los trabajos en los anales del Congreso.

Señor Elorza. — Lo que estamos aquí tratando, se relaciona con la posible ausencia o deserción de los guarda-barreras. Es una cuestión inherente al sistema de las tres posiciones. El ensayo, en sí mismo, de la barrera, es lo que va a dar la pauta de si debe seguir en uso o no, esa barrera.

Señor Presidente. — Entonces, vamos a poner a votación las conclusiones a que se han llegado.

(Se vota: Afirmativa).

Señor Secretario. — La Secretaría pediría a las Sub-Comisiones que tengan prontos los trabajos sobre los temas que se les han pasado a su consideración y estudio. Además, hay una Sub-Comisión que se ha visto abrumada por la cantidad de temas, y pediría, a la vez, si hay otra Sub-Comisión que haya terminado con los trabajos que tenía a su estudio, quiera tomar el trabajo Nº 41.

Señor Elorza. — El trabajo número 41, está asignado a la Sub-Comisión Nº 4.

Señor Secretario. — La Sub-Comisión que trató el tema 4, que

terminó su labor, fué la que trató los temas 1 y 2, compuesta por los señores Ings. Burlamaqui, De Medina, Vignolo Murphy, Del Río y Ricaldoni. Preguntaría a dichos Delegados, si desearían tomar a su cargo el trabajo Nº 41 el miércoles por la mañana, porque esta Sección no se reunirá hasta el miércoles de tarde, ya que el miércoles de mañana, las Sub-Comisiones seguirán con sus trabajos.

SEÑOR BURLAMAQUI. — No hay inconveniente.

SEÑOR PRESIDENTE. — El señor Ingº Lúgaro me transmitió una recomendación de la Sub-Comisión que trató los temas 3 y 4a, que, a mi juicio, es muy interesante. Tiene la palabra el señor Lúgaro.

SEÑOR LUGARO. — «En la reunión celebrada el día 8 de abril, esta Sub-Comisión ha reconocido con agrado el valor técnico y práctico para los Ferrocarriles Panamericanos de la mayoría de los trabajos presentados para su estudio y, considerando que varios autores piden datos de la experiencia de otros ferrocarriles que serían de gran utilidad para proseguir la obra inicial del autor, se estima un deber adelantar al señor Presidente de la Sección A, la imperiosa necesidad de *no interrumpir la continuidad de los trabajos de este Congreso*, es decir, que en el intervalo entre Congresos (que son de dos o de cuatro años), sea por correspondencia directa o por cuestionarios, se deba tratar de conseguir resultados concretos de los pedidos y propuestas de los autores de obras aceptadas, en los que existen datos de valor fundamental para la gran organización que constituyen los ferrocarriles panamericanos. También esta Sub-Comisión apoya el proyecto del Ingº Pedro P. Martín, de realizar otro Congreso en el año 1948, por la importancia de las materias a tramitar y la vital importancia de propiciar los problemas ferroviarios en estos años de post-guerra, durante los cuales hay tanta perspectiva de evolución progresista».

SEÑOR PRESIDENTE. — Muchas gracias. Quería adelantarles a los señores Delegados, que aprovechando la gentileza de la invitación para comer los Presidentes de las Delegaciones de los distintos países ofrecí dos propuestas: una, que no estoy autorizado para trasmitirla, pero que sé ya, que ha recibido dictamen favorable, y sé también que a ustedes les traerá satisfacción. Ello lo hago en virtud de que hay una Comisión Especial que trata el punto sobre la sede del futuro Congreso.

El otro pedido, abusando de la gentileza de los Presidente, fué la que consideraba, sin dilatar ahora, los fundamentos que ustedes conocen mucho mejor que yo, que en el momento actual en que la ciencia encanece día a día, y que la gran transformación de los combustibles y la técnica, por la transformación de lo ya existente a las nuevas posibilidades técnicas de nuevos materiales, obliga a mantener la continuidad de las investigaciones en los trabajos, no es posible que posterguemos el Congreso Panamericano hasta 4 o 5 años, porque ello sería desplazarse con respecto a la realidad, no solamente en lo técnico, sino en lo político, económico y social, sobre todo en lo social, factor humano del trabajo que está en rápida evolución. Por ello he considerado que la única manera de permitir la continuidad, es acercando los Congresos, porque no solamente se mantiene la actualidad en cuanto a los tópicos distintos, sino que además aseguramos la continuidad del trabajo de las personas que han contribuído con su labor para este Congreso.

Es muy natural que los años van produciendo la renovación que impone la misma vida, y, entonces, los hombres se van y hay valores que no son tan fácilmente reemplazables. Son, pues, éstos, los argumentos que ustedes podrán aumentar y mejor fundar, los que me han permitido en la conferencia de Presidentes de Delegaciones que el nuevo Congreso se realice de aquí a dos años. Nada más.

(Muy bien! Prolongados aplausos).

Invito a los señores Delegados, para concurrir el miércoles de mañana a las Sub-Comisiones respectivas, y en la tarde, nos reuniremos en esta Sección, a las 15 horas. Queda terminado el acto.

(Así se hace, levantándose la sesión a las 18 horas y 35 minutos.)

4ª SESION

SESION CELEBRADA EL DIA 11 DE ABRIL DE 1946, A LA HORA 16 Y 45

PRESIDENTE: *Ingeniero GABRIEL QUIROS* (1er. Vice-Presidente).

SECRETARIOS: *Ingeniero ANTONIO J. CASABO e Ingeniero RAUL PIRIZ.*

SUMARIO:

Consideración y aprobación de los informes de las Sub-Comisiones sobre los trabajos 19 y 88 del Tema 3 y Nos. 29, 32 y 32a, 41, 51 y 84 del Tema 4.

Asisten los señores Delegados, Ings. Carlos E. Meaurio, Roger E. Williams, A. S. Muirden, Pablo A. Ebrecht, Raúl A. Colombo, por la Argentina; Rodolfo Aramayo Zapata, por Bolivia; Jorge Burlamaqui, por Brasil; Rafael Sorondo y Campanería, por Cuba; Enrique Carrasco Acuña, por Chile; Carlos Vignolo Murphy, por Perú; Manuel Lúgaro, Daniel G. MacCormack, Ponciano Torrado, Vicente Elorza y Arturo Ferrer, por el Uruguay.

SEÑOR PRESIDENTE. — Está abierta la sesión. Debido a que el Ingº Martín ha tenido que asistir a la sesión de otra Comisión, en su ausencia, me ha tocado presidir esta sesión, y pido benevolencia a todos los señores Delegados, a fin de no tener, en mi carácter de Presidente, la misma expedición que tiene mi distinguido colega, a quien trataré, con buena voluntad, de suplirlo en este cometido.

SEÑOR SECRETARIO. — Vamos a considerar, entonces, el trabajo Nº 19 del tema Nº 3, titulado «Carril», del Boletín 451 de la Asociación Americana de Ingenieros de Ferrocarriles.

La Sub-Comisión propone cambiar el título del trabajo denominándolo «El riel y sus accesorios».

La Secretaría, tratando de concretar el informe de la Sub-Comisión, ha redactado la conclusión final en esta forma: «1º) Se considera conveniente cambiar el título del trabajo traducido por «carril», por el de de «el riel y sus accesorios». 2º) Por la gran importancia de los problemas que se estudian en el presente trabajo y el sumo interés que tienen para todos los Ferrocarriles del Continente Americano, se aconseja su publicación en la memoria del Congreso.»

SEÑOR PRESIDENTE. — Está a consideración de los señores Delegados las conclusiones a que había llegado la Sub-Comisión. Como se ve, se trata nada más que de explicar, tal vez con más amplitud, la palabra «carril», por otra que dice: «el riel y sus accesorios», que involucra todos los elementos relacionados con el riel Si no hay oposición de los señores Delegados, se va a votar la primera parte de la conclusión.

(Se vota: AFIRMATIVA.)

La segunda parte se trata nada más que de la publicación de este trabajo. Siendo un trabajo tan interesante no hay duda de que es necesario propender a su mayor difusión. Se va a votar, siempre que no haya oposición, esta segunda parte.

(Se vota: AFIRMATIVA.)

—A continuación vamos a tratar el trabajo Nº 88.

SEÑOR SECRETARIO. — El trabajo Nº 88 se titula: «Compensación por curvatura en las gradientes», cuyo autor es el Ingº Vignolo Murphy.

La Sub-Comisión informó así:

«La Sub-Comisión aconseja aceptar el informe del Relator que dice:

El relator considera conveniente la publicación de este trabajo y aconseja aceptar las recomendaciones del autor, pues estima de gran utilidad el conocimiento de los resultados que se obtengan con ese método, tanto en los sistemas ferroviarios actualmente en uso, como aquellos que se exploten en el futuro.

Esta Sub-Comisión desea recalcar, además, la necesidad de pedir a todos los ferrocarriles adheridos al Congreso que usen aparatos lubricantes en sus curvas, que informen sobre los resultados de su experiencia, tal como lo pide el autor.

Recomienda también que en este caso (como en otros) el Comité Permanentes mantenga relaciones contínuas entre sus miembros por medio de cuestionarios que permitan reunir las estadísticas acumuladas».

SEÑOR PRESIDENTE. — Pongo a consideración de los señores Delegados, el informe de la Sub-Comisión. Si los señores Delegados están conformes votaríamos una por una, para el caso de que hubiera observación, discutir ese trabajo.

SEÑOR SECRETARIO. — La Sub-Comisión ha hecho su estudio, y dice, por ejemplo, en la primera parte: «El Relator considera conveniente la publicación de este trabajo», y sigue de acuerdo con lo que está en el repartido. La Secretaría, ahora, para concretar la resolución que se va a tratar en Sesión Plenaria, dice:

«1º) Se aconseja aceptar las recomendaciones del autor para poder obtener los nuevos factores que se harán intervenir en las actuales ecuaciones que se utilizan en el cálculo de la compensación por curvatura por estimar de gran utilidad el conocimiento de los resultados que se obtengan con ese método, tanto en los sistemas ferroviarios actualmente en uso, como en aquellos que se exploten en el futuro.

2º) Solicitar a todos los Ferrocarriles adheridos al Congreso que usen aparatos lubricantes en sus curvas, que informen sobre los resultados de su experiencia.

3º) Recomendar que el Comité Permanente mantenga relaciones continuas entre sus miembros por medio de cuestionarios que permitan reunir las estadísticas acumuladas.

4º) Aconsejar la publicación en las Memorias del Congreso».

SEÑOR LUGARO. — ¿No se podría decir, señor Presidente, que el Congreso «sugiere y comparte»? El señor Torrado, va a indicar una modificación, que creo, vendría al caso.

SEÑOR TORRADO. — Hablo, señor Presidente. en calidad de Relator de este trabajo, cuyo autor, el Ingº Vignolo Murphy, está presente. Cuando hice la redacción, me pareció que había interpretado fielmen-

te el pensamiento del autor, y tal es así que consulté con él, manifestándome que estaba completamente de acuerdo. Pero en la forma como está redactada la primera parte, donde dice: «El Relator considera conveniente la publicación de este trabajo y aconseja aceptar las recomendaciones del autor, pues estima de gran utilidad el conocimiento de los resultados que se obtengan con ese método», parecería que el método que se reconoce, o se considera conveniente publicar, se refiere al sistema de lubricar las curvas o rieles exteriores de las curvas. En realidad, conversando con el Ing. Vignolo Murphy, me dijo, señor Presidente, que admitía eso como una realidad, como un hecho concreto, y que lo que él quería más que nada, era concretar que las conclusiones o recomendaciones que se hacían en su trabajo se referían a la reunión de todos aquellos resultados que la experiencia aconsejara, para hacerlos intervenir como factores en las ecuaciones de cálculo. Entonces, habíamos pensado que, para concretar más la idea que encerraba este trabajo, se hiciera un agregado en la siguiente forma: donde dice: «El Relator considera conveniente la publicación de este trabajo y aconseja aceptar las recomendaciones del autor», se diga a continuación: «para poder obtener los nuevos factores que se harán intervenir en las actuales ecuaciones que se utilizan en el cálculo de la compensación por curvatura», es decir, concretando, que la idea primordial del autor, es la de que se recopilen todos los datos que la experiencia permite, para determinar los nuevos factores que deben intervenir en las ecuaciones a fin de lograr la reducción del factor resistencia en las curvas, es decir: él admitió como un hecho ya concreto, consumado, el empleo de los lubricantes. Lo que él quiere es corregir las ecuaciones.

SEÑOR PRESIDENTE. — Estimo muy interesante la observación, pero creo que es conveniente indicar la argumentación del Relator, porque no todas las empresas ferroviarias hacen lubricar los rieles, aun cuando es una cosa admitida la conveniencia de hacerlo. De ahí que no esté de más la recomendación que ha hecho la Secretaría, porque a renglón seguido, pide que se manden todos los datos relacionados con las experiencias que se van a hacer y que se reúnan en un solo folleto. De manera que creo que en la segunda parte está involucrado lo que el señor Delegado Torrado ha solictado.

SEÑOR TORRADO. — Pero las conclusiones quedarían igual que las que están, con el agregado que acabo de leer para concretar más el pensamiento, es decir, que se suministren los resultados de las experiencias para hacerlos intervenir en las ecuaciones.

SEÑOR VIGNOLO MURPHY. — En dos palabras, señor Presidente, la ponencia no es sobre lubricación de rieles, sino, la necesidad que hay en reducir las ecuaciones que se emplean actualmente, para el cálculo de la compensación por curvatura, cálculo que se tiene que hacer, si se construye hoy una línea, entendiendo que la línea que se va a construir va a ser explotada con lubricadores del país, de lo contrario, las compensaciones por curvatura tienen que hacerse por ecauciones. Mi ponencia, señor Presidente, no era sobre lubricación, repito; yo lo tomaba como un asunto hecho para ferrocarriles de gran curvatura, o aún me explicaré mejor, para las secciones de los ferrocarriles que tienen gran curvatura, porque naturalmente, en una sección, donde no hay mucha curvatura, es inútil la lubricación.

Señor Presidente. — Se van buscando experiencias que van a determinar fórmulas que tengan en cuenta la resistencia.

Señor Vignolo Murphy. — Creo que tal como lo ha manifestado el señor Relator, estaría bien.

Señor Lugaro. — Debo aclarar, señor Presidente, que la Sub-Comisión había aprobado la modificación que se había leído.

Señor Torrado. — Si el señor Presidente desea, puede hacerlo leer, para aclarar mejor en la forma en que quedaría redactado.

Señor Secretario. — Voy a insistir sobre una tarea que había tomado la Secretaría, y que yo no sé si los señores Delegados estarán de acuerdo.

Al hacer el informe, la Sub-Comisión dice: «El Relator considera conveniente, tal y tal cosa...», como conclusión a llevar a la sesión plenaria, y nosotros encontramos que eso no podría ir así, y entonces convinimos esta pequeña modificación: «Se aconseja aceptar las recomendaciones tales y tales», de modo que si les parece bien a los señores Delegados, el agregado que proponía el Ingº Torrado, puede hacerse a continuación de ese artículo...

(Apoyado.)

...que voy a leer a ver si lo encuentran conveniente. El primer artículo decía: «Se aconseja aceptar las recomendaciones del autor, por estimar de gran utilidad el conocimiento de los resultados que se obtengan con este método».

Señor Torrado. — «Se aconseja aceptar las recomendaciones del autor, para poder obtener los nuevos factores que se harán intervenir en las actuales ecuaciones que se utilicen en el cálculo de la compensación por curvatura»; lo demás, sigue igual.

Señor Secretario. — «Se aconseja aceptar las recomendaciones del autor para poder obtener los nuevos factores...»

Señor Torrado. — En lugar de «nuevos», señor Casabó, es «actuales». Lo que se busca es modificar las fórmulas actuales.

Señor Lugaro. — Observo que se ha suprimido: «que se aconseje la publicación del trabajo».

Señor Secretario. — Para mejor explicación no resumíamos en una sola frase las dos proposiciones, sino que las separábamos. La segunda parte, dice: «2º) Solicitar a todos los Ferrocarriles adheridos al Congreso que usen aparatos lubricantes en sus curvas, que informen sobre los resultados de sus experiencias».

Señor Lugaro. — «Tal como lo pide el autor», porque lo hace en condiciones especiales. Me parece que convendría hacerlo así, porque es necesario.

Señor Secretario. — «3º) Recomendar que el Comité Permanente mantenga relaciones continuadas entre sus miembros por medio de cuestionarios que permitan reunir las estadísticas acumuladas; y 4º) Aconsejar la publicación en la memoria del Congreso.»

Señor Presidente. — Se va a votar, si no hay observación por parte de los señores Delegados, estas conclusiones, en la forma que se ha leído.

(Se vota: Afirmativa).

Se va a continuar con la consideración del trabajo Nº 29.

SEÑOR SECRETARIO. — El trabajo Nº 29, se refiere a «Mecánica al servicio de la vía permanente', cuyo autor es John E. Sandham, de Argentina.

El informe de la Sub-Comisión, dice:

«Esta Sub-Comisión ha estudiado el trabajo Nº 29 y está de acuerdo con las conclusiones del Relator de recomendar su publicación, y que el Comité Ejecutivo solicite de las Administraciones Ferroviarias los datos experimentales respecto a la utilización de equipos mecánicos en la conservación de la vía permanente, esto en vista del contínuo aumento de la mano de obra y su reducción en rendimiento».

Ahora, la Secretaría, atento a ese informe de la Sub-Comisión, proponía: «1º) Aconsejar su publicación en la memoria del Congreso. 2º) Recomendar que el Comité Ejecutivo solicite de las Administraciones Ferroviarias, los datos experimentales respecto a la utilización de equipos mecánicos en la conservación de la vía permanente, en virtud del contínuo aumento de la mano de obra y su reducción en el rendimiento».

SEÑOR PRESIDENTE. — Está a consideración de los señores Delegados las conclusiones a que ha llegado la Secretaría, que parece dan una idea más fiel y propia para ser presentadas al Congreso.

SEÑOR BURLAMAQUI. — Permítame, señor Presidente. Desearía saber, si es «Comité Ejecutivo» o «Comité Permanente».

SEÑOR SECRETARIO. — Es «Comité Permanente».

SEÑOR PRESIDENTE. — Se refiere al Comité Permanente que funciona normalmente en Buenos Aires, que es el encargado de hacer todas las coordinaciones, a fin de que se publiquen los trabajos en el boletín correspondiente.

SEÑOR BURLAMAQUI. — Muchas gracias, señor Presidente.

SEÑOR PRESIDENTE. — Se va a votar la recomendación con las modificaciones propuestas.

(Se vota: AFIRMATIVA).

Ahora pasaremos a considerar el trabajo Nº 32 del tema Nº 4.

SEÑOR SECRETARIO. — El trabajo Nº 32 se refiere a «Economías posibles y medios de realización aplicados a la conservación de la vía permanente», cuyo autor es el Ferrocarril Cochabamba-Santa Cruz. (Bolivia).

Yo tuve oportunidad de ser el Relator de este trabajo y dí una información con respecto a un error que hubo en determinado momento. Así se verá que la Sub-Comisión habla del tema 32 y 32ª. Sucedió que el trabajo que presentó el Ferrocarril Cochabamba-Santa Cruz, tenía un título general que se llamaba «Modalidades del Ferrocarril Cochabamba-Santa Cruz», y después seguían varios sub-títulos que encajaban en distintos temas. Tan es así que hay otra sección que tiene un trabajo sobre «Combustibles», con el mismo título. De modo que bajo ese título general de «Modalidades del Ferrocarril Cochabamba-Santa Cruz», se englobaban varios tópicos, y al redactar el programa, se tomó como título del trabajo, el primer Sub-título, y el segundo que seguía, —ustedes no lo encontrarán aquí—, y que ahora se ha denominado 32ª, tenía por sub-título «Influencias del trazado en la economía de explotación en

los ferrocarriles de montaña». Esa era, señores Delegados, la aclaración que quería hacer en cuanto a la aparición de este trabajo 32º.

SEÑOR LÚGARO. — El título del trabajo, es, en realidad, «Informativo sobre modalidades del Ferrocarril de Cochabamba a Santa Cruz»; los otros son sub-títulos de trabajos del Congreso.

SEÑOR SECRETARIO. — El otro día, y ahora me apercibo, se tomó el título general, cuando en el programa del Congreso el trabajo 32 tiene por título «Economías posibles y medios de realización, aplicados a la conservación de la vía permanente». Ahora, la Sub-Comisión, tomó para el trabajo Nº 32, el título general, pero éste no figura en el programa, incluso, del Congreso. Estas confusiones, se han venido repitiendo. No sé si me he explicado con claridad.

Son dos trabajos, en realidad, bajo un mismo título general, que no figura aquí. Los sub-títulos de cada uno de los trabajos eran cosas distintas, y el Relator, que en este caso soy yo, hizo el informe separado para cada uno de los trabajos. Uno era éste: «Economías posibles y medios de realización aplicados a la conservación de la vía permanente», y el otro era: «Influencias del trazado en la economía de explotación en los ferrocarriles de montaña».

Ahora debo decir, que de la lectura de ese trabajo y del propio título general, su título deberá ser: «Tema informativo sobre modalidades del Ferrocarril de Cochabamba a Santa Cruz». Yo había informado que se considerara ese trabajo, y se tomara noticia de él agradeciendo a la Administración que lo había enviado, esa información. La Sub Comisión encontró conveniente su publicación.

Ahora bien; de aceptarse la publicación, me parece que ya no correspondería agradecer a la Administración el envío de ese trabajo, porque, entonces, tendríamos que adoptar la misma resolución para todos los demás trabajos ya tratados.

(Apoyado).

SEÑOR PRESIDENTE. — A consideración de los señores Delegados este trabajo que la Secretaría aconseja se publique, por tratarse de un trabajo de sumo interés.

SEÑOR BURLAMAQUI. — Yo entiendo que la Sub-Comisión no puede cambiar el título.

SEÑOR PRESIDENTE. — Podríamos votarlo por partes.

SEÑOR SECRETARIO. — El consejo es el mismo para los dos trabajos. Me parece que la Sub-Comisión así lo había entendido, tanto para el título «Economías posible y medios de realización aplicados a la conservación de la vía permanente», como para el otro título «Influencias del trazado en la economía de explotación de los ferrocarriles de montaña», y hay además, otro título que aparece en la última hoja que corresponde a la Sección B, que dice «Combustibles». De modo que bajo esa denominación genérica de «Modalidades», los temas informativos sobre las modalidades del Ferrocarril Cochabamba-Santa Cruz, se ofrecieron varios que tienen ese sub-título, y uno de esos sub-títulos, se adoptó como título del trabajo, como si fuera uno solo. Pero como aquí había otro, hablé con la Secretaría General y se me dijo: «Sí; haga el relato, sobre ese trabajo, también; no lo dejé de lado, porque si no aparecería como omitido».

Señor Carrasco Acuña. — Propongo que se dé por aprobada la conclusión que propone el señor Relator con la aclaración que él mismo ha hecho, en el sentido de suprimir el punto Nº 1, porque el punto Nº 2, deja perfectamente aclarado el espíritu de la Sub-Comisión.

Nosotros entendimos que el trabajo era importante, y que, por lo tanto, convendría publicarlo, pero no tiene ningún antecedente para llevarlo al Congreso. Es una mera información, como el propio autor del trabajo lo señala.

Señor Presidente. — Vamos a votar si se recomienda la publicación del trabajo, y si se suprime la primrea parte de la recomendación.

(Se vota: Afirmativa).

Se va a pasar a considerar, ahora, el trabajo Nº 51 del tema Nº 4.

Señor Secretario. — El trabajo Nº 51, se refiere a «Estudio sobre durmientes de concreto armado», presentado por el Ing. Enrique Carrasco Acuña (Chile).

La Sub-Comisión en su informe hace distintas recomendaciones, a las que voy a dar lectura:

«1). Recomendar a las Empresas Ferroviarias Panamericanas, realizar investigaciones técnicas y experimentales acerca de la posibilidad de emplear en sus vías durmientes de concreto.

2). Recomendar que estas investigaciones se hagan bajo las diferentes condiciones de su empleo.

3). Anotar el comportamiento de los durmientes en casos de descarrilamientos.

4). Procurar sacar conclusiones respecto al comportamiento de los durmientes en función de los diversos accesorios de vía (sillas de detención y curva, guarda rieles, etc)».

Señor Presidente. — A consideración de los señores Delegados el trabajo Nº 51 del tema 4, a que acaba de dar lectura el señor Secretario.

Señor Burlamaqui. — Sería interesante, en lugar de «durmientes de concreto armado», decir «durmientes de cemento armado».

(Apoyado).

Señor Presidente. — Si no hay observación se va a votar si se aprueban las recomendaciones que propone la Sub-Comisión con la modificación propuesta.

(Se vota: Afirmativa).

Vamos a continuar con el trabajo Nº 41 del tema 4.

Señor Secretario. — Este trabajo se titula: «Acopio de aguas pluviales para los servicios ferroviarios». Autor: Federico A. Torres (Argentina).

El informe de la Sub Comisión dice:

«La Sub-Comisión está de acuerdo con las conclusiones del Relator recomendando la publicación de este importante trabajo sobre aplicación de suelo-cemento en depósito de aguas pluviales con gran economía de cemento y mano de obra.

También está de acuerdo con la recomendación del Relator sobre intercambio de informaciones con respecto a las aplicaciones de suelo-cemento, su conservación y duración».

Para ese informe de la Sub-Comisión, concretando, la Secretaría preparaba para la conclusión, dos puntos, que dicen:

«1º) Recomendar la publicación en las Memorias del Congreso, de este importante trabajo sobre aplicación de suelo-cemento en depósito para aguas pluviales.

2º) Solicitar el envío de información al Comité Permanente, con respecto a las aplicaciones de suelo-cemento, su conservación y duración, a fin de divulgar su conocimiento».

SEÑOR PRESIDENTE. — Está a consideración de los señores Delegados las conclusiones a que la Secretaría ha llegado, que no son sino las que la Sub-Comisión ya había propuesto.

(Se vota: AFIRMATIVA).

Ahora consideraremos el trabajo Nº 84 del tema 4.

SEÑOR SECRETARIO. — Este trabajo, se refiere a «Notas sobre métodos de prolongar la vida útil de los rieles» cuyo autor es A. S. Muirden, de Argentina.

El informe de la Sub-Comisión dice:

«Esta Sub-Comisión ha estudiado el Trabajo Nº 84, y ha oído en su seno la exposición ampliatoria del autor, y en razón de ello concreta su opinión en la siguiente forma:

a) Hace suya la conclusión con que el autor resume sus experiencias y las transcribe a continuación: «Este problema de la conservación de las vías es del mayor interés y si se enfrenta con el fin de eliminar todo impacto innecesario en la vía, que se traduce en el confort del pasajero, se reducirá el deterioro tanto del tren rodante como de la vía y con los métodos correctos de conservación se podrá prolongar el intervalo entre renovaciones totales mucho más allá de los períodos que se ha vislumbrado en el pasado».

b) Hace igualmente suya la recomendación del Relator, en el sentido del valor ilustrativo de este trabajo, no sólo del punto de vista económico, sino también como una contribución relacionada con métodos de conservación de los rieles conducentes a aumentar la comodidad del pasajero.

c) Recomienda su publicación en las Memorias del Congreso».

La Secretaría introduce pequeñas modificaciones, y propone, en el apartado a), donde dice: «Hace suya la conclusión con que el autor resume sus experiencias...», podría decir: «1º) Aceptar la conclusión del autor, que dice...» y sigue tal como está; y para la parte b), en lugar de decir: «haciendo suya la recomendación del Relator...», diría: «Recomendar el valor ilustrativo de este trabajo, no sólo desde el punto de vista económico...» y sigue tal como está; y al final, en lugar de decir: «Recomendar su publicación..», debe decir: «Recomienda su publicación...».

SEÑOR PRESIDENTE. — Entonces quedarían las conclusiones, en la forma modificada por la Secretaría, que no ha hecho otra cosa que cambiar algunas palabras.

SEÑOR SECRETARIO. — Es tomar exactamente el informe de la Sub-Comisión, dándole forma de presentación para la Plenaria.

SEÑOR ELORZA. — Es una redacción más ordenada.

SEÑOR BURLAMAQUI. — La conclusión del autor, es muy compleja para ser presentada en la sesión Plenaria. En la frase «Este problema de la conservación de las vías es del mayor interés, y si se enfrenta

con el fin de eliminar todo impacto innecesario en la vía, que se traduce en confort del pasajero...», cuando se habla del problema, ¿se trata del problema de la conservación de la vía? Es una explicación que no acrecienta o no aporta nada al asunto.

SEÑOR PRESIDENTE. — Se habían tomado las mismas palabras del autor, pero empezaba la frase «Aceptar la conclusión del autor que dice...

(Lee):

SEÑOR BURLAMAQUI. — Esa conclusión no aporta nada al problema de la conservación de las vías. Podría eliminarse.

SEÑOR ELORZA. — ¿Cuál conclusión?

SEÑOR BURLAMAQUI. — La parte de la conclusión que tiene la letra a).

SEÑOR FERRER. — Recogiendo la observación del Delegado brasileño, creo que se podría abreviar poniendo sólo dos letras, y llamando a) a la parte que se llama b), redactándola así: «Recomendar la conclusión del autor, en el sentido de reconocer el valor ilustrativo de ese trabajo...» y ahorrar la repetición de todo lo que está en la letra a), que en el fondo es la declaración del autor, que como dice muy bien, el señor Delegado de Brasil, es algo que está conocido por todos, y, por lo tanto, es inútil tomarlo como conclusión. Se simplificaría la redacción y no se cambiaría el fondo.

SEÑOR PRESIDENTE. — Vendría nada más que a resumirla y a hacerla más corta.

SEÑOR SECRETARIO. — Actuando en la Secretaría había pensado algo semejante a lo que se ha expuesto aquí. Pero como el informe de la Sub-Comisión era ese, nosotros habíamos hecho modificaciones de presentación, pero no nos queríamos apartar de lo que la Sub-Comisión proponía a consideración de esta Sección. Ahora, como Delegado y no desde la Secretaría, me parece que sin necesidad de incluir toda la primera parte, basta ya con esa parte que se llama b): «Recomendar el valor ilustrativo del trabajo, no sólo desde el punto de vista económico, sino...». Es aquel mismo enfoque que tiene en el otro párrafo cuando dice: «Este problema de la conservación de las vías es del mayor interés, y si se enfrenta con el fin de eliminar todo impacto innecesario en la vía que se traduce en el confort del pasajero..., etc.». De modo que en realidad, es el mismo enfoque.

SEÑOR CARRASCO ACUÑA. — En vista de que este asunto fué debatido y aprobado, solicitaría a los señores Delegados que no se tocara nuevamente, salvo que el autor estuviese de acuerdo en suprimir el texto original ya aprobado, porque si no, esto significaría seguir redundando sobre un tema que se considera agotado. En caso de que el señor Ingº Muirden estuviera de acuerdo con las sugestiones de los señores Delegados, que pasara por Secretaría a revisar los términos de este trabajo, pero en esta Comisión el tema está agotado.

SEÑOR PRESIDENTE. — En realidad, el señor Carrasco Acuña tiene razón. Para terminar, vamos a subordinar a lo que diga el autor, es decir, si a él le parece que debemos mantener el texto o lo suprimimos.

SEÑOR MUIRDEN. — Por mi parte, estoy de acuerdo en abreviar las

anotaciones, como lo dice el señor Delegado brasileño. Creo que el señor Relator, también está conforme.

(Apoyado.)

SEÑOR PRESIDENTE. — Es decir, entonces, que votaríamos el anterior proyecto de resolución. Se va a votar si se aprueba ese proyecto de resolución.

(Se vota: AFIRMATIVA.)

SEÑOR ELORZA. — ¿Cuántos trabajos quedan?

SEÑOR SECRETARIO. — Queda uno presentado por el Ingº Aramayo que se repartió; y otro del Ingº L. A. Woodbridge, que es el trabajo Nº 106 que por error de información de la Secretaría General estaba en las carpetas, sin decir que ese trabajo había llegado. Si bien es cierto que llegó algo tarde —el 5 de abril—, estaba en las carpetas, y como digo, por error, no llegó a conocimiento nuestro.

SEÑOR ELORZA. — Quiero reservarme el consenso de opinión de la Comisión, sobre si ella estaría de acuerdo en oir posteriormente a la terminación de la consideración de estos asuntos que están pendientes, una breve exposición que quiero hacer, y que, seguramente, la haría en la sesión de mañana, puesto que ahora vamos a pasar a la Plenaria. Al hacer esta exposición no deseo abrir un debate ni tampoco interrumpir la consideración de los asuntos, pero quiero dejar dicho, que de acuerdo con lo conversado con los miembros de la Sub-Comisión 4, voy a formular una exposición de carácter general en el día de mañana.

Digo estas palabras, porque el punto de partida de mi exposición, tiene su origen en los trabajos 29 y 84 que están aprobados. Por eso deseo hacer mención ahora, de esa exposición que yo haré mañana, interpretando el criterio de la Comisión del tema 4, sobre el cual hemos llegado a conclusiones generales, pero no las hemos concretado. Nada más.

SEÑOR PRESIDENTE. — Creo que en todo caso, sería interesante que mañana nos concretáramos a oir algunas explicaciones de carácter general.

SEÑOR ELORZA. — Voy a decir algo más. En esa cantidad de opiniones y conclusiones a que hemos llegado sobre algunos de los trabajos presentados, hemos formado algunos conceptos generales, sin llegar a concretar conclusiones definitivas, como ha sucedido en el tema 4 a que me voy a referir mañana.

Por eso, hago una exhortación a los señores miembros de la Comisión, y en particular, a los de la Sub-Comisión, para ver si podemos llegar, en la Sección A, a un par de conclusiones de índole general, que sirvan a la gran finalidad del ferrocarril como medio de transporte.

SEÑOR SECRETARIO. — También, todavía queda el trabajo Nº 53 del tema 4a.

SEÑOR TORRADO. — ¿No podríamos ganar tiempo estudiándolo ahora, haciéndole las modificaciones necesarias? Si la Comisión está de acuerdo, ya que estamos reunidos, podríamos tratarlo.

SEÑOR SECRETARIO. — Trabajo Nº 53: «Aspecto técnico-económico del problema de los cruces entre ferrocarriles y carreteras». Autor: Héctor A. Bergeret (Uruguay). Relator: Vicente Elorza.

La Sub-Comisión ha informado de este asunto en la siguiente forma:

«Esta Sub-Comisión está de acuerdo con la información del Relator y recomienda la publicación del trabajo, por tratarse de un interesante aporte para la solución del problema de los cruces a nivel y su eliminación.

Sin embargo estima conveniente poner de manifiesto la posibilidad de que las dos partes interesadas principalmente para el aporte económico a que se refiere el autor, no siendo exclusivas, deben hacerse extensivas a otras autoridades también interesadas, como ser: el Gobierno federal o central, Gobierno provincial, Municipalidad o Junta de vecinos, y la empresa ferroviaria.»

Señor Torrado. — Propongo, si la Comisión está de acuerdo con las conclusiones a que arribó la Sub-Comisión, que se autorice a la Secretaría a proceder en forma análoga como procedió para las otras conclusiones. De manera que la Secretaría podría trabajar tranquilamente, y se podría aprovechar el tiempo en el estudio de otras conclusiones.

Señor Burlamaqui. — ¿Y por qué no lo resolvemos inmediatamente?

Señor Presidente. — Está a consideración de los señores Delegados.

Señor Torrado. — Que se apruebe la conclusión, tal como lo aconseja la Sub-Comisión, señor Presidente.

Señor Secretario. — Permítame, señor Presidente, porque esta segunda parte del informe es un poco difícil de enfocar, sobre todo para los que no han intervenido en el estudio del trabajo. Dice: «Sin embargo, estima conveniente poner de manifiesto la posibilidad de que las dos partes interesadas... (Lee):

Eso es lo que aconseja la Sub-Comisión.

Señor Torrado. — La Sub-Comisión que estudió este trabajo, pensó que no eran dos, solamente, las autoridades interesadas; no eran sólo el Gobierno Nacional y la Dirección de Vialidad los interesados, sino que aparte de esas dos entidades, podía haber otras Comisiones vecinales, Municipalidades y Gobiernos estaduales o provinciales; de manera que no se debe limitarla a dos partes, sino debe irse a la posibilidad de que esas partes interesadas, se amplíen, que no se limiten a sólo dos partes, los contribuyentes.

Señor Elorza. — Como Relator de ese trabajo, voy a llevar mi apoyo a la posición de la Sub-Comisión, y para interpretar al propio autor del trabajo, debo decir que él quiso darle una parte al Ferrocarril y la otra parte a todos aquellos otros intereses que se deslizan por la vía ordinaria, a las autoridades municipales, locales y algunos otros interesados, como muy bien lo han mencionado aquí, más o menos en términos generales.

La Sub-Comisión quiso deslindar, por un lado, como una parte, el Ferrocarril, y por otra parte los usuarios del camino. Como Relator del trabajo, quedo completamente a disposición de los señores Delegados, adelantándoles que concuerdo completamente con la Sub-Comisión.

Señor Torrado. — En vez de limitarlos a dos, ampliarlos a varios.

Señor Elorza. — Ello explica cuáles son las dos partes: los usuarios del camino que se benefician, por una parte, y por otra, el Ferrocarril.

Señor Secretario. — Se aconseja la publicación. El hecho de que se aconseje la publicación, no significa que se apruebe o se proponga al Congreso que acepte todo lo que el trabajo dice, sino proponer que el trabajo es interesante y que se publique. En realidad, no se propone una conclusión determinada al Congreso.

Señor Lugaro. — Eso fué agregado en Sub-Comisión, y por lo tanto no forma parte del trabajo original.

Señor Elorza. — Es interpretativo de lo que el autor quiso decir.

Señor Torrado. — La Sub-Comisión entiende, como conclusión, que deben hacerse extensivas a otras autoridades. Es una ampliación que hace la Sub-Comisión a la conclusión del autor, y yo creo que la Sub-Comisión puede proponer esa conclusión.

Señor Secretario. — Justamente, la Secretaría no quiso redactar nada, porque le parecía que no alcanzaba a interpretar lo que la Sub-Comisión había querido decir.

Señor Presidente. — En vista de que la Sesión Plenaria se va a iniciar, y como ya ha habido un cambio de ideas, podríamos encargar al señor Secretario, para que, en la próxima sesión, trajera las conclusiones más o menos en armonía con lo que se ha manifestado aquí.

Señor Burlamaqui. — Me parece bien, señor Presidente, porque si no, la Sub-Comisión no podría llevar al Congreso conclusiones. Solamente se podría recomendar la publicación de este trabajo.

Señor Torrado. — La Sub-Comisión aconseja ampliar o aclarar el concepto del autor. Como aquí en el Uruguay hay dos entidades, el Ferrocarril y el Gobierno que construye el camino, esas dos autoridades serían las que aportarían recursos para la ejecución de las obras. En la Argentina, en la Provincia de Buenos Aires, en que pueden estar interesados el Gobierno Nacional, el Gobierno provincial y la Municipalidad de Buenos Aires, son tres las autoridades que contribuirían a la ejecución de las obras.

De manera que la Sub-Comisión que estudió ese problema, cree conveniente que se estudie la posibilidad de que las dos partes interesadas a que se refiere el autor, se amplíe, puesto que pueden ser más de dos.

Señor Elorza. — Hay una forma de concordar este asunto, señor Presidente. Evidentemente, el informe de la Sub-Comisión, es un pronunciamiento en el orden interpretativo en cuanto al esclarecimiento de lo que se llama la segunda parte del problema. Pero respecto al punto de vista del señor Secretario, que es compartido, se va a llevar a la Plenaria, una cuestión de otro orden concreto. Me inclinaría a aceptar ese temperamento que ya está escrito, en el sentido interpretativo, por parte de la Sub-Comisión, y ese elemento no va a desaparcer; está en las actuaciones del Congreso, pero a los efectos de llevar a la Plenaria, se reduce, solamente, a la parte específica de la recomendación, de una conclusión determinada, y eso, podría conformar muy bien a la Sub-Comisión.

Señor Secretario. — Concordando con lo que dice el señor Elorza, entiendo que estos informes, van a ser publicados en las Memorias del Congreso.

Señor Elorza. — Esta Comisión no se pronuncia contra la conclusión a que ha llegado la Sub-Comisión; la ha oído, la tiene en cuenta,

y queda incorporada en su informe, y, queda incorporada, también, a la versión taquigráfica. Si el Ingº Torrado sigue teniendo dudas de si este informe de la Sub-Comisión entra o no en los anales del Congreso...

SEÑOR SECRETARIO. — Entiendo que sí, que cada trabajo será publicado en esta forma, cuando se aconseja. La integridad del trabajo, luego el informe del Relator, y luego el de la Sub-Comisión, si la hubo, y después, la resolución del Congreso.

SEÑOR TORRADO. — ¿Y qué reparos hay en hacer extensiva la recomendación a otras autoridades? ¿Hay algún inconveniente?

SEÑOR LUGARO. — Esa proposición, podría expresarse como aspiración del Congreso. Se podría redactar en esa forma.

SEÑOR PRESIDENTE. — Entiendo que sería mejor considerarlo en la próxima sesión, porque ahora debemos asistir a la Sesión Plenaria. A tales efectos nos reuniríamos mañana, a las 9 y 30 de la mañana.

(Apoyado.)

En consecuencia, queda levantada la sesión.

(Así se hace.)

SESION CELEBRADA EL DIA 12 DE ABRIL DE 1945, A LA HORA 9 Y 45

PRESIDENTE: *Ingeniero PEDRO P. MARTIN.*
SECRETARIOS: *Ingeniero ANTONIO J. CASABO e Ingeniero RAUL PIRIZ.*

SUMARIO:

Estudio y aprobación de las conclusiones para los trabajos 106 del Tema 3; 108 del Tema 4; y 53 y 76 del Tema 4a.

5ª SESION

Asisten los señores Delegados: Scotucci, Williams, Muirden, Ebrecht, Colombo, Alurralde, por Argentina; Aramayo Zapata y Quiroga, por Bolivia; Burlamaqui, por Brasil; Sorondo y Campanería, por Cuba; Quiros González, por Chile; Vignolo Murphy, por Perú; Lúgaro, Torrado, Elorza, De Angeli, por Uruguay; y Baez Díaz, por Venezuela.

SEÑOR PRESIDENTE. — Queda abierta la sesión. Tiene la palabra el señor Secretario, que quiere reiterarles un pedido.

SEÑOR SECRETARIO. — Señores Delegados: como los taquígrafos que han venido hoy a esta reunión, lo hacen por primera vez, no conocen a los señores Delegados, como los que venían actuando hasta ahora, por lo que les quiero recomendar especialmente que al tomar la palabra, pronuncien sus nombres.

SEÑOR PRESIDENTE. — Muy bien; entonces, entramos en materia.

SEÑOR SECRETARIO. — En la sesión de ayer quedó el trabajo Nº 53 para ser considerado en esta sesión. Ya se había aprobado la primera parte que se relacionaba con la publicación del trabajo; pero, después, se discutió sobre la forma a darle a la resolución, y algún Delegado, entre ellos creo que el señor Torrado, y no sé si también el señor Scotucci, habían preparado una redacción para la resolución.

SEÑOR TORRADO. — Yo pediría que aplazásemos un momento la consideración de este asunto, para ser tratado una vez que llegue el señor Scotucci, ya que él es quien tiene el borrador que habíamos redactado a última hora, con la redacción definitiva. Así que si no hubiera inconveniente esperaríamos unos instantes.

SEÑOR SECRETARIO. — Podríamos considerar, entonces, el trabajo número 76.

SEÑOR TORRADO. — Me parece muy bien, porque esa conclusión la redactamos con el señor Scotucci, y mientras consideramos el trabajo Nº 76, estoy seguro que llegará el señor Scotucci.

SEÑOR PRESIDENTE. — Me parece muy acertada la indicación del ingeniero Torrado.

(Entra a Sala el señor Delegado Scotucci.)

SEÑOR TORRADO. — Señor Presidente: como ha llegado el señor Scotucci, me parece que podríamos tratar el trabajo número 53, y si se

me permite, voy a dar lectura a la redacción que propondríamos, para solucionar este punto.

Aclarando lo que habíamos dicho el día anterior, diremos que el sistema que se aconseja en este trabajo, se refiere a solucionar el problema de los cruces, y se dice que las autoridades que contribuirían a financiar los cruces, en los distintos pasos a nivel, podrían ser las empresas ferroviarias y el gobierno que construye el camino, pero la Sub-Comisión que estudió el trabajo, creyó interpretar más fundamentalmente la opinión del autor, y dice que en algunos casos podrían ser más de dos los contribuyentes, y así es, entonces, que propone como conclusión, lo siguiente:

(Se lee):

«Esta Sub-Comisión está de acuerdo con la información del Relator y recomienda la publicación del trabajo por tratarse de un interesante aporte para la solución del problema de los cruces a nivel, cuya eliminación corresponde y no sólo con el aporte económico de las dos partes principalmente interesadas, sino también con la contribución de las autoridades y demás personas que por la índole de sus funciones o la naturaleza de sus actividades les represente beneficios la supresión de tales cruces, como ser el Gobierno Federal o Central, el Gobierno Provincial, las Municipalidades o Juntas de Vecinos u otras entidades privadas.»

Señor Presidente. — Una aclaración. Aquí se dice «y demás personas», pero no hay que olvidarse que en esta materia debe decirse «persona jurídica».

Señor Torrado. — Persona jurídica, naturalmente.

Señor Presidente. — Eso es lo que ustedes recomiendan, pero en la redacción no queda bien claro eso.

Señor Scotucci. — El autor se refiere al prorrateo de gastos, pero él lo hace entre dos entidades, y lo demás lo deja librado al aporte que se pueda obtener, pero nosotros podemos determinar ya las autoridades que van a intervenir.

Señor Presidente. — La Sub-Comisión está de acuerdo con el informe del Relator y recomienda que el trabajo se publique por tratarse de un interesante aspecto para la solución del problema de los cruces a nivel, cuya eliminación corresponde no sólo con el aporte económico de las dos partes principalmente interesadas, sino también con la contribución de las autoridades y demás personas jurídicas.

Señor Torrado. — Y demás entidades que por la índole de sus funciones y la naturaleza de sus actividades, le represente beneficios la supresión de tales cruces, como ser Gobierno Federal o Central, Gobierno Provincial, las Municipalidades o Juntas de Vecinos.

Señor Presidente. — Lo que quisiera conocer es la conclusión del trabajo.

(Se lee):

Señor Torrado. — Proposición 1ª: «Que se promuevan medidas conducentes a afianzar la seguridad de los pasos existentes y se estudie la posibilidad económica de encarar su eliminación racional, ya sea por la revisión de los tratados o por medios de estructuras que deslinden los planes de operación.»

Proposición 2ª: «Que se proponga a un pronto acuerdo para estudiar la financiación de estas dos últimas soluciones, mediante el aporte económico de las dos partes interesadas directamente en ello, como vía para acelerar su realización.»

SEÑOR PRESIDENTE. — Eso es lo que propone el autor.

SEÑOR TORRADO. — Es bien claro: las dos partes interesadas.

SEÑOR SCOTUCCI. — Anteriormente se refiere a las empresas ferroviarias y a las carreteras.

SEÑOR PRESIDENTE. — Sin querer, señor Torrado, sentar una tesis mía, porque creo que el concepto es universal, insisto en que se recomiende tener en cuenta la contribución equitativa del beneficio, en proporción al gasto.

SEÑOR TORRADO. — Estoy de perfecto acuerdo, porque me parece que es lo justo, y tan es así, que creo se sobre-entiende en la redacción.

SEÑOR PRESIDENTE. — Si no lo cree superabundante, podríamos agregar, que el aporte debe ser proporcional al beneficio, porque muchas veces el camino se beneficia en un 80% y el ferrocarril en un 20%. Entonces, debe haber una proporción equitativa, y ese es el principio universal.

SEÑOR MURPHY. — ¿Cómo se establecería ese prorrateo?

SEÑOR PRESIDENTE. — Sería cuestión técnica del momento para cada caso. Por ejemplo, se atraviesa una línea secundaria del ferrocarril por un camino donde pasan 50 mil automóviles por año, y un tren semanal, tiene que ser proporcional entre beneficio del camino o ferrocarril, o a la inversa. En cada caso analizado técnica y económicamente.

SEÑOR SCOTUCCI. — Yo he agregado entidades privadas en general. El Automóvil Club, en la República Argentina, contribuye con diversos elementos a la mejor circulación en los caminos y en las calles de la ciudad, con instalación de flechas, carteles, publicación de planos, diagramas de rutas, etc. En determinados casos, puede intervenir también en la posible eliminación de un cruce a nivel, y si pide que contribuya con 100 ó 200 mil pesos, no se puede negar esa contribución. Por lo tanto, podría agregarse en el informe: Gobierno Federal o Central, Gobierno Provincial, Municipalidades, Juntas de Vecinos y entidades privadas, y con esto creo que estarían incluídos todos los posibles contribuyentes para la formación del fondo.

SEÑOR PRESIDENTE. — Entonces se suprimiría la palabra «personas».

SEÑOR TORRADO. — Se sustituiría por entidades.

SEÑOR SECRETARIO. — A este asunto se le ha dado tanta generalidad, para que no quede nadie afuera. Me parece que está bien tal cual lo había planteado el autor. Por un lado uno o veinte interesados en uno de los caminos, y por el otro lado uno o veinte interesados por el otro camino. Es el cruce de dos caminos, no de tres o cuatro.

Poner Gobierno Federal o Central, Comisión de Vecinos, Junta de Vecinos, es innecesario, porque están todos incluídos dentro de la fórmula del autor.

SEÑOR PRESIDENTE. — Yo participo de la opinión del señor Casabó, que sería dejar solamente «...las partes interesadas...». Entonces sería la contribución económica de las partes interesadas proporcionalmente al beneficio obtenido.

SEÑOR TORRADO. — Como se trata de una modificación al trabajo del autor, y la Comisión entendía que no podía modificarlo...

SEÑOR PRESIDENTE. — Las dos partes quedarán reemplazadas por las partes interesadas. No se modifica, sino que se aclara.

SEÑOR SCOTUCCI. — No hemos leído las palabras propias del autor. El dice: «La financiación deberá razonablemente recaer sobre los usuarios de las carreteras y de los ferrocarriles, en un alto porcentaje, distribuyéndose lo restante entre la totalidad de la población, en base al imperioso deber de seguridad de los mismos.» Quiere decir que esto es muy general.

SEÑOR PRESIDENTE. — Hay muchas cosas más: las Comisiones vecinales pueden apoyar las carreteras y contribuir al cruce de una carretera matriz. En ese caso da un aporte a un paso a nivel que está dentro de su Municipio, y puede contribuir con el 5%, con el 10%.

SEÑOR SECRETARIO. — Había planteado si era bastante que se aconsejara la publicación del trabajo, entonces, todos los interesados verán en él lo que el autor ha querido decir y cómo lo ha querido encarar, y el informe de la Comisión que va entre los documentos, y que será publicado también en las Memorias del Congreso servirá de material de información; pero como resolución a llevar a la Plenaria, ya no interesa cada parte, porque entonces, en distintos tópicos, podrían presentarse esas cuestiones, que son más bien presentadas directamente al temario que dice «Cruces entre ferrocarriles, caminos, y otras vías de comunicación: Aspectos técnico, legal y económico». De modo que es una consideración a propósito del estudio que hace la Sub-Comisión, pero me parece que se complicarían las cosas si se quisiera llevar como resolución a la Plenaria.

SEÑOR SCOTUCCI. — ¿Se publicará el trabajo conjuntamente con el informe?

SEÑOR SECRETARIO. — Entiendo que las publicaciones en la Memoria, van a ser de esta naturaleza. La publicación, siempre que se haya aconsejado, del trabajo del autor, se hace con el informe del Relator y el informe de la Sub-Comisión, y, luego, las conclusiones.

SEÑOR SCOTUCCI. — Es muy común la creencia, no solamente de los profanos, sino de muchos técnicos, que la eliminación de cruces a nivel debe quedar exclusivamente a cargo de las empresas ferroviarias. Este trabajo muy interesante, ya determina ciertos valores para la intervención de la construcción de carreteras, pero lo que nos interesaría es determinar ya la norma de carácter general a aplicar en cada caso, y eso podría quedar como informe de la Sub-Comisión.

SEÑOR SECRETARIO. — Yo no había hecho ninguna observación sobre el informe de la Sub-Comisión, sino que había pedido si la Sub-Comisión podía redactar una resolución, y si no, que quedara sólo el informe de la Sub-Comisión. Pero la conclusión a llevar al plenario sobre el trabajo sería la consideración que hace el informe, es decir, que se trata de un trabajo interesante, que es un valioso aporte a la solución del problema, y que se publique.

SEÑOR PRESIDENTE. — Estoy de acuerdo con el señor Casabó, pero quiero aclarar que justamente he propuesto en la Comisión de Presidentes, de que se trate en el Congreso durante un día o dos, especial-

mente, los temas generales, porque para mí, es más importante el temario general libre, que gran número de trabajos. Hay muchos trabajos muy interesantes, pero piensen ustedes lo siguiente: Si el trabajo no provoca un estudio, ese tema no se discute. Por ejemplo, si no se hubiera traído al Congreso un trabajo sobre coordinación, el problema de la coordinación, se dilata hasta otro Congreso, hasta que a una entidad o a un señor, o a un Gobierno se le ocurriera presentar el trabajo.

De modo, que es más conveniente siempre el que tengamos sesiones de debate libre para tratar los temas generales. A falta de eso, el Ing. Casabó ha interpretado perfectamente bien, estamos de común acuerdo en que éste debe ir independientemente, como recomendación del Congreso. Así que el trabajo quedará con su recomendación específica y su recomendación para la publicación. Y después, el informe de la Comisión que es el que sienta el principio de equidad entre los gastos y beneficios.

SEÑOR SECRETARIO. — Y quedará como informe de la Sub-Comisión.

SEÑOR PRESIDENTE. — Porque entonces seguimos con lo mismo: todo el mundo vuelve a creer que el ferrocarril es el que debe mantener el paso a nivel. La tesis ferroviario, hay una cláusula que ustedes conocen, es de que las barreras están destinadas a asegurar la marcha del convoy que no puede parar en cada calle y la tesis vial es otra cosa, que la barrera está destinada a proteger el tránsito carretero.

Esa primera tesis pudo ser valedera hace muchos años, cuando el tráfico era lento, pero hoy día el problema se ha complicado, y la ecuación se ha modificado también, de modo que ahora los intereses del camino son muy superiores a los intereses del ferrocarril, y creo que es el momento de sentar la tesis de la distribución equitativa.

Por lo tanto propondría lo siguiente: la única discrepancia que tenemos con el Ing. Casabó, es la siguiente: el señor Casabó cree que es una recomendación de la Sub-Comisión, y yo considero que no, que es una conclusión que debe ir como anexa al trabajo para que lo apruebe la Plenaria.

SEÑOR SECRETARIO. — El Ing. Piriz y yo tratando de darle forma a las conclusiones a llevar a la Plenaria, habíamos encontrado que este segundo párrafo del informe de la Sub-Comisión, no tenía esa forma de conclusión. Puede ser que hayamos pecado en la pretensión de darle una forma demasiado concisa y por eso es que no llegamos nosotros a concretar, pero no le hicimos oposición, sino que queríamos ver si la Sub-Comisión nos daba una fórmula para llevarlo a Plenaria. La Sub-Comisión la ha dado y la Comisión la aprueba.

SEÑOR PRESIDENTE. — Podemos decir lo siguiente: que teniendo en cuenta que no han podido desarrollarse los temas libres, de acuerdo con las mismas disposiciones del Congreso se aprueba el trabajo, recomendando lo que proponemos.

(Muy bien).

El trabajo va con su recomendación, y se dice, que aprovechando esta oportunidad se sienta la tesis que se considera la más justa y equitativa. No es una imposición, sino una recomendación.

SEÑOR SECRETARIO. — Recomendar que se estima conveniente proponer esa modificación en la redacción.

SEÑOR TORRADO. — Recomendar que se estima conveniente que, además de las dos partes interesadas principalmente, para el aporte económico a que se refiere el autor, éste se haga extensivo a las autoridades y demás entidades que, por la índole de su función o naturaleza de sus actividades, les represente beneficios la supresión de aquellos cruces, siempre dentro del concepto de que el aporte debe ser proporcional al beneficio que obtiene cada parte.

(Muy bien).

Entonces, ¿qué les parece si tomáramos como base la segunda redacción, donde dice, «...de las dos partes interesadas,...» suprimir la palabra «dos», para dejar las palabras del autor y agregar, a continuación, «dentro del concepto de que el aporte debe ser equitativo y de acuerdo al beneficio que obtiene cada parte»? De manera que la conclusión sería más corta y concreta mejor las opiniones.

SEÑOR PRESIDENTE. — Usted decía que el problema es administrativo. Los miembros de las delegaciones aquí presentes podrán decir qué carácter tiene en sus países.

SEÑOR QUIRÓS. — En Chile, hemos tratado de solucionar este problema, cooperando con la acción de las empresas de ferrocarriles que si bien son del Estado, deben mantenerse independientes, con sus propias entradas. Entonces, la empresa dice: en este cruce yo necesito tener un cambiador, un guarda vía, una garita. Además normalmente, tienen un período de 8 o 10 años. Se han producido tantos accidentes de los cuales he tenido que cubrir la responsabilidad, y todo esto estimado, representa un capital de tanto. Entonces, este es mi aporte; sin embargo, debo dar un poco más, porque recibo mayores beneficios; la seguridad de las vidas que también debe ser considerado como una parte de capital.

El Estado, interesado en el transporte y en la vida de sus habitantes, dice: el Estado también debe contribuír, porque es una mejora para sus habitantes, y contribuye con una parte igual, o mayor, en cantidad suficiente para poder realizar la obra. Por otra parte, los Municipios, también interesados en el tráfico local, aportan algo; entonces tenemos que las distintas entidades interesadas en el transporte, contribuyen de acuerdo con sus beneficios o posibilidades, y el fisco contribuye con la parte mayor que sea necesaria, a fin de realizar la obra, porque lo importante es que se realice en buenas condiciones, y que por pesos más o pesos menos, no vaya a quedar la obra sin realizar. Las empresas con sus aportes y cada una de las otras entidades interesadas con lo suyo. Así es como hemos resuelto el problema allá.

SEÑOR PRESIDENTE. — ¿Algún otro señor Delegado desea hacer uso de la palabra sobre este punto, —que es muy interesante—, ya que pone de relieve que es una tesis universal?

Entonces, continúa la discusión de la modificación propuesta por los señores ingenieros Torrado y Scotucci.

SEÑOR TORRADO. — Yo creo que debe mantenerse la palabra del autor, sustituyendo solamente la palabra «dos».

(Lee): «...económico de las partes...» y al final de esa parte agregarle esto, para mantener el concepto de lo equitativo en la con-

tribución de los gastos... «...dentro del concepto de que el aporte debe ser equitativo, de acuerdo con el beneficio que obtenga cada parte».

(Apoyado).

SEÑOR PRESIDENTE. — Se va a votar, entonces, el artículo con la modificación propuesta.

(Se vota: APROBADO.)

SEÑOR SECRETARIO. — Ahora viene el último trabajo que es el número 76, sobre «Barreras para cruces de ferrocarriles». La Sub-Comisión ha informado en la forma siguiente: «Se aprueba el informe del Relator, ligeramente modificado en esta forma. El Relator opina que este trabajo es un interesante aporte para la solución del grave y discutido problema del paso a nivel, y que merece ser recomendado el estudio de la instalación de barreras automáticas en los pasos a nivel y la publicación del trabajo».

Entonces, la Comisión propone esta redacción:

«1) Recomendar el estudio de la instalación de barreras automáticas en los pasos a nivel.

2) Aconsejar la publicación de este trabajo en la Memoria del Congreso, por tratarse de un interesante aporte para la solución de este grave y estudiado problema».

(Apoyado).

SEÑOR PRESIDENTE. — Está a consideración con las conclusiones aconsejadas por la Comisión.

(Se vota: APROBADO.)

SEÑOR SECRETARIO. — Dos trabajos fueron presentados a último momento, y por lo tanto fuera de lista. Uno de ellos lleva el número 108 y es un trabajo del Ing. Aramayo Zapata, de Bolivia, sobre «Las Mazamorras y la forma de contenerlas». El Ing. Carrasco Acuña, tomó a su cargo el estudio de este problema y voy a leer su informe.

(Lee).

Como fué un trabajo presentado aquí, en momentos en que ya se estaba sesionando, si bien se ha hecho un repartido de este trabajo del Ing. Aramayo, que no sé si todos lo tienen, —yo lo estaba leyendo ahora —si todos tienen la copia, podría suprimirse la lectura.

SEÑOR PRESIDENTE. — Yo pediría entonces, dado lo interesante del problema, que el señor Ingeniero Aramayo nos hiciera una síntesis del mismo y su solución.

SEÑOR ARAMAYO. — Con mucho gusto. En Bolivia, se ha trabajado para combatir este fenómeno que nosotros llamamos «Mazamorra», — el nombre de mazamorra, veo que ha llamado la atención. Se lo denominó así, porque efectivamente lo es, es decir, una especie de sopa de maíz—. Este nombre también, en Bolivia ha originado confusión, porque allí sólo se conoce por mazamorra la referida sopa.

Mazamorra es una capa de barro y piedra que baja de las quebradas y llega a tener hasta un volumen de cinco metros cúbicos, especialmente en el ramal Oruro-Cochabamba, este fenómeno es muy común, y la mantención de esta vía es sumamente costosa. Se han hecho ensayos para desviar las quebradas, haciendo túneles artificiales, y toda clase de defensas, y lo que nos ha dado mayor resultado, es construír muros transversales. Cada quebrada tiene su particularidad especial, de

manera que hay que hacer un estudio en cada caso. En mi trabajo indico la forma sobre algunas de las quebradas que hemos estudiado. De modo que si se lee el resumen del Ingeniero Carrasco Acuña la Comisión va a captar muy bien mi idea.

SEÑOR PRESIDENTE. — Muchas gracias. Léase el informe.

(Se lee):

SEÑOR PRESIDENTE. — Chispas de alambre, ¿qué son?

SEÑOR ARAMAYO. — Chispas de alambre, es una defensa, de unos 14 metros cúbicos de piedra que está cubierta con alambre, de 8 hilos. En Chile se llama una bolsa.

SEÑOR QUIRÓZ. — Efectivamente.

SEÑOR ARAMAYO. — Estos ensayos han resultado un fracaso y esa modificación que yo indico...

SEÑOR SECRETARIO. — Yo entendí que esta modificación se había introducido de acuerdo con el ingeniero Carrasco, es decir, que el Ing. Aramayo había hablado con él.

SEÑOR ELORZA. — Posiblemente en el momento en que se redactó la conclusión, no estaba presente el Ing. Aramayo, yo hice la proposición conjuntamente con el señor Carrasco. Conviene, por lo tanto, que quede la aclaración del autor: que según él ese sistema fué un fracaso.

SEÑOR SECRETARIO. — Yo entiendo que la sustitución de un párrafo de un trabajo, se puede hacer con el conocimiento del autor. No tomé esto como una aclaración del Ingeniero Aramayo, sino como correspondiendo a la información del Ingeniero Carrasco. Por lo tanto, debe leerse todo el informe, tal como está y agregar luego lo que el Ing. Aramayo dice al respecto.

SEÑOR PRESIDENTE. — Léase el informe del Ing. Carrasco Acuña.

(Se lee):

SEÑOR SECRETARIO. — Ahora el Ingeniero Aramayo observa el párrafo antes mencionado, y dice que se han hecho ensayos para desviar estas avalanchas mediante canaletas de maderas con refuerzo de rieles en su base y que no han dado el resultado deseado, aparte de ser su costo muy elevado, por lo que el autor se inclina a recomendar, en lo general, la construcción de muros.

SEÑOR PRESIDENTE. — ¿Está de acuerdo el señor Ingeniero Aramayo con la aclaración?

SEÑOR ARAMAYO. — Sí, señor.

SEÑOR PRESIDENTE. — Entonces, queda aprobada la conclusión con la modificación propuesta.

(APROBADA.)

SEÑOR SECRETARIO. — Pido disculpas por insistir sobre esta cuestión. No creo que se pueda cambiar un concepto a no ser que sea el mismo autor que lo cambie. Lo que está a consideración no es el informe del señor Carrasco, en todo caso. Este es un informe como puede ser cualquiera de los informes de relatores que fueron presentados, y que algunas veces se hace mención a su aprobación y otras veces no. La Comisión saca una conclusión del trabajo del autor y del trabajo del relator, y dice: se propone tal cosa.

SEÑOR PRESIDENTE. — Lo fundamental es que quede con propiedad

lo que la experiencia aconseja, y eso es lo que concreta el señor Aramayo.

SEÑOR QUIRÓS. — Creo que ha habido una pequeña falta de comprensión, por parte del colega Ing. Carrasco al interpretar el trabajo del señor Aramayo. Por eso estimo que sería preferible cambiar la frase y poner el concepto primitivo del autor. Yo, tomando la responsabilidad del señor Carrasco, propongo esto porque sé que él aceptará gustoso la aclaración, y entonces queda más congruente el trabajo. Me permito, pues, tomar la responsabilidad de mi colega de delegación, pidiendo la supresión de ese concepto, y poner lo que ha dicho el señor Aramayo. Entonces, repito, queda más congruente el mismo informe del señor Carrasco.

SEÑOR SECRETARIO. — Yo había hecho este reparo porque el trabajo está firmado por el señor Carrasco y éste no está presente en el momento. Yo quise decir las cosas en la forma que a mí se me habían presentado. Hasta más: entendía que había sido consultado el autor, y por eso se hizo la sustitución. El propio señor Aramayo fué el que me advirtió que esta sustitución no era del Ing. Carrasco, sino que la había planteado él, pero como el señor Quirós dice estar seguro de que el señor Carrasco, compañero de Delegación estará conforme con lo que aquí hagamos, no tengo ya reparos en que así se haga, porque yo no deseo poner dificultades, sino todo lo contrario.

SEÑOR PRESIDENTE. — Queda perfectamente aclarada la cuestión.

SEÑOR SECRETARIO. — Para terminar, debo informar que hay otro asunto a considerar. Ese trabajo llegó a la Comisión el 5 de abril, pero fué puesto en una carpeta sin habérselo advertido a nadie. Ayer, en la revisación que se hizo de las carpetas, se encontró este trabajo, y de acuerdo con el señor Presidente, me permití entregarlo a los señores MacCormack, Muirden y Quirós. Es un trabajo del Ing. L. A. Woodbridge, del Ferrocarril Central Argentino, sobre «Modernización de las vías para el recorrido de trenes a altas velocidades, y con grandes cargas por eje. Rieles soldados y de aceros especiales en su fabricación. Medidas experimentales».

Como no ha habido repartido de este trabajo, no sé si en todo caso el señor Muirden quiere hacer alguna referencia.

SEÑOR MUIRDEN. — Es un trabajo muy largo. De modo que el señor Quirós y yo lo discutimos, lo estudiamos, y proponemos que se recomiende su publicación para luego pedir más datos. La obra, en sí, es, diremos, superficial. Abarca dos puntos, pero la materia abarca muchos más campos que la obra en sí misma. Por eso es necesario pedir más datos para poder llegar a conclusiones definitivas.

SEÑOR SECRETARIO. — El informe que habíamos preparado y que no ha habido tiempo de repartirlo, dice que la modernización de las vías, es necesaria para el recorrido de trenes a altas velocidades y con grandes cargas por eje. El autor pasa revista a los diversos medios usuales que se emplean para realizar este objetivo, como ser disminución de juntas, aumento de la longitud de los rieles, mejoramiento en los sistemas de unión entre el riel y los durmientes.

La Sub-Comisión, desea recomendar la publicación y solicitar de

las empresas envíen sus datos experimentales al Comité Internacional Permanente, a fin de que ellos sean divulgados.

De modo, que las conclusiones serían las siguientes:

«1º Recomendar la publicación del trabajo en la Memoria del Congreso; y,

2º Solicitar a las empresas que envíen sus datos experimentales al Comité Permanente Internacional, a fin de que ellos sean divulgados.»

(Apoyado.)

SEÑOR PRESIDENTE. — Si no hay observación, se dará por aprobada la conclusión.

(APROBADA.)

Señores: hemos dado fin a la parte más fundamental, que es el estudio de los diversos trabajos presentados. Ha habido, indudablemente, interés, compenetración y resultado. Considero que hemos llegado a la finalidad perseguida. Así, que al felicitarlos, les doy las gracias por la deferencia que me han hecho al mantenerme como Presidente. Al mismo tiempo le doy las gracias, muy en particular, el Ingº Quirós por haberme reemplazado en algunas ocasiones, aunque la verdad es que nunca debió haberme reemplazado, ya que él debió ser el Presidente de esta Sección.

SEÑOR QUIRÓS. — No señor. No hagamos más cuestión sobre este asunto.

SEÑOR VIGNOLO MURPHY. — Propongo un voto de aplauso para nuestro Presidente que ha dirigido tan bien nuestros debates.

(PROLONGADOS APLAUSOS.)

SEÑOR PRESIDENTE. — Muchas gracias. Deseo dejar constancia especialmente de la labor inteligente desarrollada por nuestros dos Secretarios, Ingenieros Casabó y Píriz, para los cuales pido un voto de aplauso.

(APLAUSOS.)

Queda terminado el acto.

(Se levanta la sesión.)

TRABAJOS CUYA
PUBLICACION FUE
ACORDADA POR EL CONGRESO



TEMA 1

SEÑALIZACION LUMINOSA A DESTELLOS PARA LA CARGA Y DESCARGA DE LOS FERRO-BARCOS EN LOS ATRACADEROS DEL IBICUY, ZARATE (GENERAL J. F. URIBURU) Y PUERTO DE BUENOS AIRES. (RIBERA SUD DEL RIACHUELO).

AUTOR: *Ingeniero ROGER F. WILLIAMS.*
RELATOR: *Ingeniero ANTONIO J. CASABO.*

6.

PREAMBULO

1. Los Ferrocarriles de Entre Ríos, conjuntamente con el Ferrocarril Nordeste Argentino y los Ferrocarriles del Estado (línea del Este), que cuentan con 1.022, 1.188 y 654 km. de vía principal respectivamente, todas de trocha media, sirven a una extensa zona de la Mesopotamia Argentina, formada por las provincias de Entre Ríos y Corrientes y la parte Sud del Territorio Nacional de Misiones, cuyas respectivas superficies son de 76.216, 89.355 y 29.801 km.^{2}. Para que esta importante región, que está separada del resto de la República y de los países limítrofes por los grandes ríos Paraná y Uruguay, pueda tener comunicación ferroviaria con la Capital Federal y con el resto del país, la Compañía de Ferrocarriles de Entre Ríos tiene implantado desde el año 1908 un servicio de ferro-barcos que unen el puerto de Ibicuy (Entre Ríos) con el de Zárate (provincia de Buenos Aires) mediante una navegación de 81,6 km. por los ríos Paraná Guazú y Paraná de las Palmas. En el año 1928 se estableció otro servicio similar entre los puertos de Ibicuy y Buenos Aires (Ribera Sud del Riachuelo) para unir los cuales los ferro-barcos deben navegar 182 km. por los ríos Paraná Guazú y de la Plata.

Para la realización de estos servicios la Compañía cuenta con una flota de cinco ferro-barcos, de los cuales tres tienen propulsión Diesel y dos a vapor. Las características de las unidades de más reciente construcción son:

Eslora	103,63	m.
Calado (cargado)	3,74	m.
Desplazamiento	2.100	t.
Velocidad máxima	21	km/h.
Potencia de los motores (dos)	2.200	CV
Longitud aprovechable de sus 4 vías	376	m.
Capacidad en vagones de 4 ejes	36	—

Con el fin de afianzar la seguridad, precisión y celeridad en las operaciones de embarque y desembarque del tren rodante en los ferro-barcos, se instalaron en los terminales de Ibicuy, Zárate y Puerto Buenos Aires señales eléctricas luminosas, las que tienen incorporado el destello en dos de sus luces de color para gobernar los movimientos de inmediata entrada a bordo y salida a tierra, según se explica en el capítulo pertinente.

OBSERVACIONES GENERALES

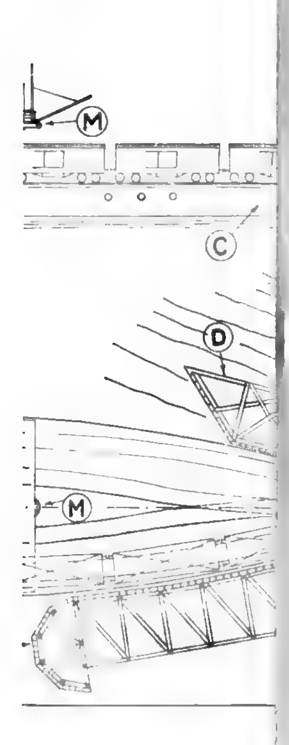
Las tres instalaciones que se describirán en este trabajo son idénticas en principio y si bien ellas no encuadran estrictamente en el concepto del Tema, pues no reemplazan a señales luminosas fijas sino a señales manuales (de día con banderas y de noche con farol de mano), se estima que puede ofrecer cierto interés ilustrativo la adopción de luces a destello en dos de las señales, que ha permitido hallar una solución sencilla y exitosa al problema que representaba la carga y descarga de los trenes transportados en los ferro-barcos de los Ferrocarriles de Entre Ríos en sus tres terminales nombradas.

Las instalaciones de que se trata revisten un carácter especial pero, naturalmente, el principio de la señalización luminosa a destello en que se basan es igualmente aplicable a otros casos análogos en que es esencial una precisión absoluta en las maniobras de los trenes, para eliminar las frenadas precipitadas y los golpes bruscos tan perjuiciales al tren rodante y su contenido, etc. Particularmente en el caso que nos ocupa, no resulta difícil imaginar las consecuencias que podría acarrear el arrimo violento de la locomotora con sus suplementos, etc., sobre un corte de vagones estacionado en las vías del ferro-barco amarrado en su atracadero, tales como averías a los vehículos embestidos y su contenido, pudiendo hasta llegar a romper las amarras u ocasionar otros daños de consideración tanto a la estructura del atracadero como al ferro-barco mismo, lo que sólo es posible evitar mediante una perfecta armonía entre el señalero y el maquinista durante las operaciones de carga y descarga del convoy.

ORIGEN Y DESARROLLO DE LA SEÑALIZACION

Al inaugurarse el servicio de ferro-barcos en 1908 se implantó el sistema de señales de mano (bandera de día y farol común de noche) el cual siguió en uso corriente hasta 1933 y, si bien padecía de imperfecciones, ellas no tenían mayor significación para el trabajo de aquellos primeros años, en que el tráfico era escaso, las embarcaciones de reducida eslora, etc., pero con el transcurso del tiempo se fué haciendo sentir la necesidad de acelerar las operaciones debido al incremento del tráfico, que trajo aparejado el empleo de locomotoras más potentes y ferro-barcos de mayor eslora, llegando la longitud de los trenes a ser tal que el primitivo sistema de señales resultaba inadecuado y hasta peligroso; fué menester entonces recurrir al empleo de métodos más perfeccionados y seguros y después de considerar varias alternativas se adoptó el

:ILES DE I

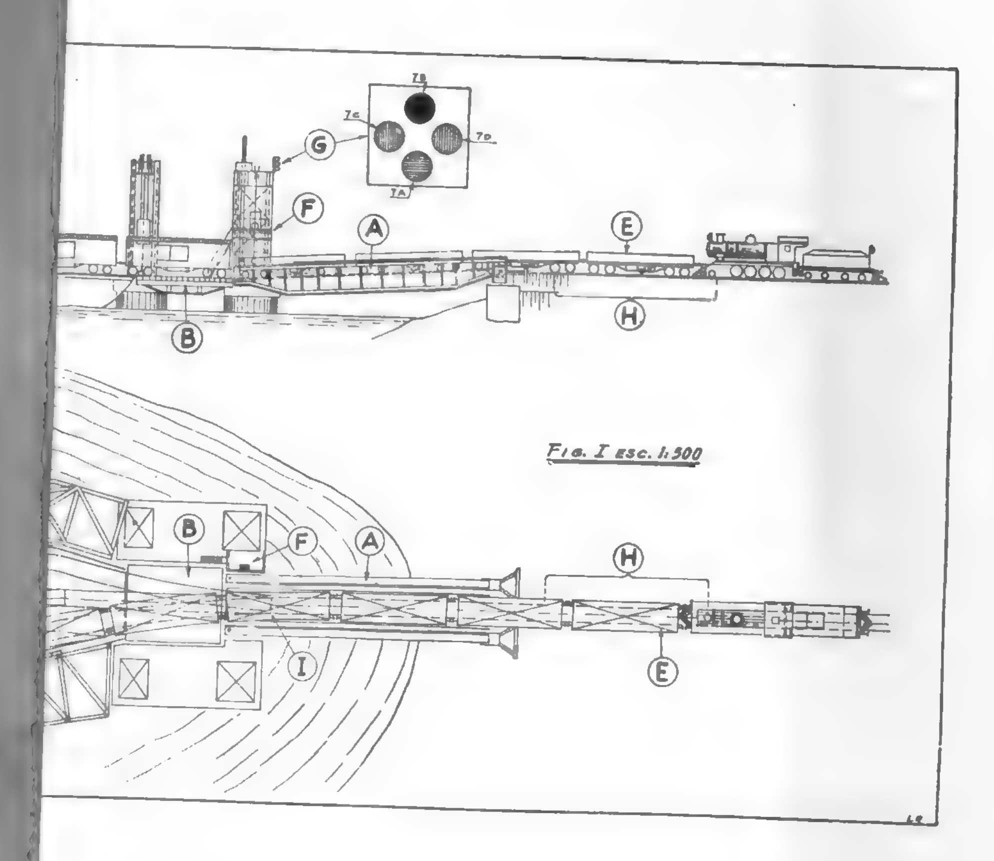


nosa para la carga y

TE Y PUERTO DE

bre (M)

ENTRE RIOS



descarga de los ferry-barcos en
BUENOS AIRES

adoptó el

que se describe más adelante, en razón de las ventajas que ofrece y que pueden resumirse así:

a) Aspecto uniforme e inconfundible de las señales luminosas.
b) Sencillo sistema de enclavamiento de los cambios mediante contactos eléctricos.
c) La inclusión del destello para advertir al conductor de la locomotora de la proximidad del punto en que debe parar, pudiendo así detenerse convoyes largos o cortos con la precisión y suavidad deseables.

DESCRIPCION DE LA INSTALACION Y SU FUNCIONAMIENTO

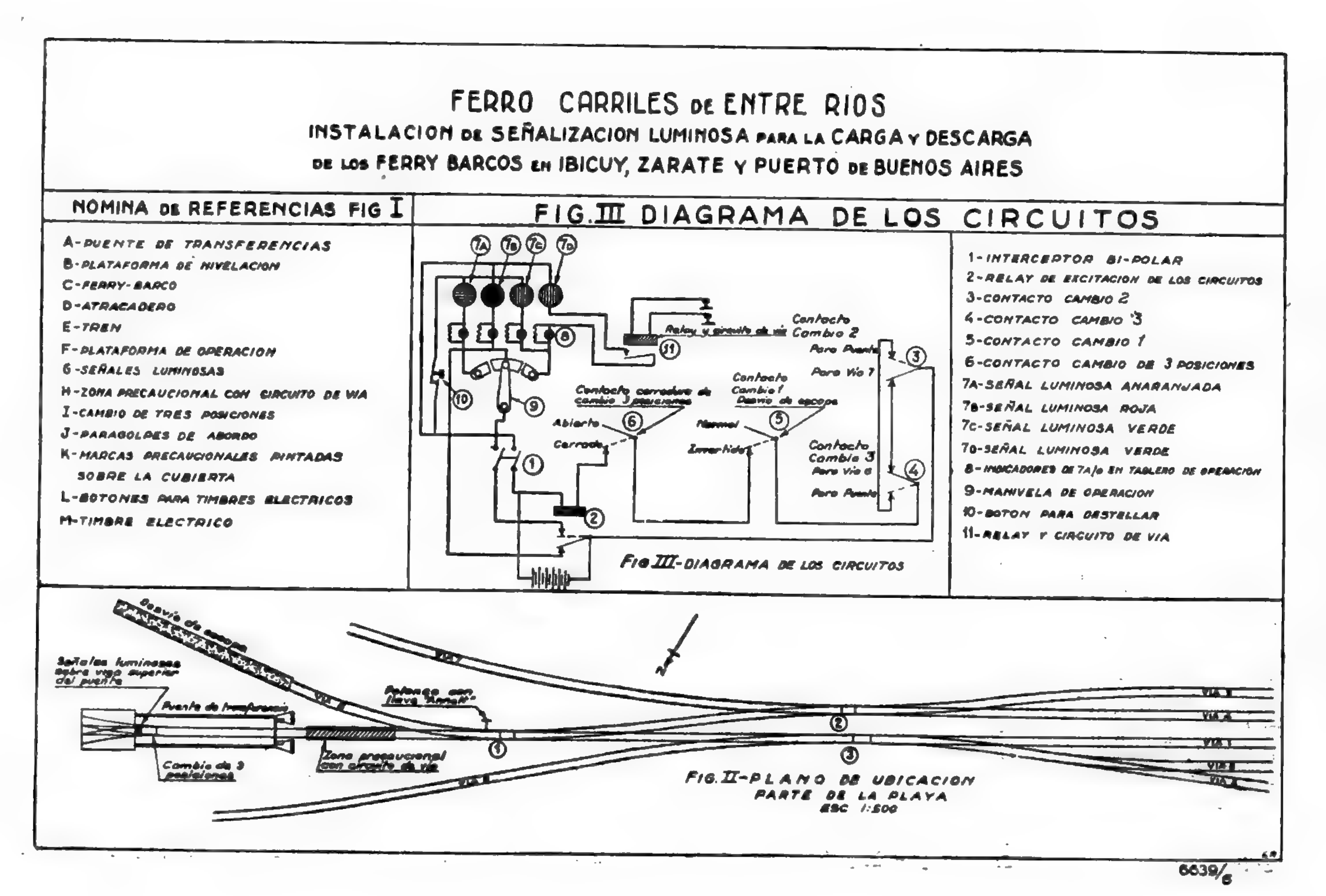
La instalación está constituída por equipo standard, a excepción únicamente del gabinete de mando, que fué ideado y construído de exprofeso. Es del sistema de voltaje reducido, siendo la corriente suministrada por acumuladores de 12 volts, los que son cargados en su propio emplazamiento. Para que su funcionamiento pueda ser mejor comprendido, se relatará la recepción a bordo del ferro-barco de un corte de vagones, haciendo referencia a los diagramas anexos.

Estando amarrado el ferro-barco (C) en el atracadero (D) y en condiciones de recibir a bordo el tren a transportar, el contramaestre entrega al cambista en el puente de transferencia (A) la llave del cerrojo «Annett» correspondiente al cambio Nº 1 (Fig. II) con la cual puede invertirse dicho cambio y dar así acceso a bordo desde cualquier desvío de la parrilla, disponiendo los cambios 2 y 3 en aquel sentido. Por el diagrama de conexiones se puede apreciar que al invertir cualquiera de estos cambios no es posible encender otra señal que la roja (peligro).

El señalero ubicado en la plataforma de operación (F) frente a su gabinete de mando, mediante la llave bipolar (1) ilumina la señal roja (G) y da corriente al circuito de vía (H); seguidamente el cambista situado frente al cambio de tres posiciones (I) dispone y enclava dicho cambio por la vía correspondiente (en el caso ilustrado la exterior de estribor) con lo cual se está listo para la primera maniobra de cargar el convoy, que se realiza de la siguiente manera:

Mediante la manivela de operación (9) el señalero ilumina las dos señales verdes (7C y 7D) que tienen sus correspondientes repetidores (8) en el gabinete; el convoy avanza entonces pero al llegar la cabeza a la zona de peligro, delimitada por un circuito de vía (H), la señal luminosa verde (7D) se apaga automáticamente por medio de un relai. De este modo, cualquiera sea la longitud del convoy en marcha, el conductor de la locomotora recibe la advertencia de la exacta ubicación del primer vehículo que está por entrar a bordo y de que desde entonces toda maniobra debe hacerse a paso de hombre y con suma cautela, siendo estos movimientos gobernados por la otra señal verde, (7C), que continúa encendida.

Sobre la cubierta del ferro-barco hay marcas pintadas (K) cerca de los paragolpes y al aproximarse el convoy a dichas marcas el contramaestre enganchador se lo advierte al señalero haciendo sonar el timbre (M) mediante el botón eléctrico (L); de inmediato el señalero


FERRO CARRILES DE ENTRE RIOS
INSTALACION DE SEÑALIZACION LUMINOSA PARA LA CARGA Y DESCARGA
DE LOS FERRY BARCOS EN IBICUY, ZARATE Y PUERTO DE BUENOS AIRES
NOMINA DE REFERENCIAS FIG I
A-PUENTE DE TRANSFERENCIAS
B-PLATAFORMA DE NIVELACION
C-FERRY-BARCO
D-ATRACADERO
E-TREN
F-PLATAFORMA DE OPERACION
G-SEÑALES LUMINOSAS
H-ZONA PRECAUCIONAL CON CIRCUITO DE VIA
I-CAMBIO DE TRES POSICIONES
J-PARAGOLPES DE ABORDO
K-MARCAS PRECAUCIONALES PINTADAS SOBRE LA CUBIERTA
L-BOTONES PARA TIMBRES ELECTRICOS
M-TIMBRE ELECTRICO
FIG. III DIAGRAMA DE LOS CIRCUITOS
Contacto Cambio 2
Para Puente
Para Via 7
Contacto carrodura de cambio 3 posiciones
Abierto
Cerrado
Contacto Cambio 1 Desvío de escape
Normal
Invertido
Contacto Cambio 3
Para Via 6
Para Puente
FIG III-DIAGRAMA DE LOS CIRCUITOS
1-INTERCEPTOR BI-POLAR
2-RELAY DE EXCITACION DE LOS CIRCUITOS
3-CONTACTO CAMBIO 2
4-CONTACTO CAMBIO 3
5-CONTACTO CAMBIO 1
6-CONTACTO CAMBIO DE 3 POSICIONES
7A-SEÑAL LUMINOSA ANARANJADA
7B-SEÑAL LUMINOSA ROJA
7C-SEÑAL LUMINOSA VERDE
7D-SEÑAL LUMINOSA VERDE
8-INDICADORES DE 7A/D EN TABLERO DE OPERACION
9-MANIVELA DE OPERACION
10-BOTON PARA DESTELLAR
11-RELAY Y CIRCUITO DE VIA
Desvío de escape
Señales luminosas sobre viga superior del puente
Puente de transferencia
Cambio de 3 posiciones
Zona precaucional con circuito de via
VIA 7
VIA 6
VIA 1
VIA 2
VIA 3
VIA 4
VIA 5
FIG. II-PLANO DE UBICACION PARTE DE LA PLAYA ESC 1:500
6639/6

hace destellar pausadamente la luz de la señal verde (7C) por medio del botón (10), aumentando la frecuencia de los destellos a medida que disminuye la distancia entre el tren y paragolpe; de este modo el conductor tiene conocimiento de la exacta posición del corte de vehículos y se prepara para detenerlo, lo que hace al recibir la señal de parar, roja (7B). La utilización de las señales a destello impide que el conductor pueda ser sorprendido por una luz roja (salvo emergencia) pues la frecuencia de aquellos le permite controlar la marcha y estar listo para detener el convoy en un punto determinado, sin frenadas bruscas y sin temor de chocar violentamente contra los paragoles.

Una vez cargados los vehículos en la vía exterior de estribor, como queda dicho, se desengancha el convoy en el lugar correspondiente y el resto, obedeciendo las indicaciones de la señal luminosa anaranjada (7A) que es destellable, retrocede por dicha vía hasta librar el cambio de tres posiciones (I) y previa inversión y enclavamiento de éste para otra vía (normalmente en la banda opuesta a fin de evitar el excesivo escoramiento del barco) se repite la operación hasta cargar todas las vías, que son cuatro en los ferro-barcos más modernos y tres en los antiguos.

La instalación precedentemente descrita ha estado en uso durante once años y ha dado óptimos resultados, funcionando con una seguridad y economía apreciables, lo que ha permitido reducir considerablemente el tiempo empleado en las operaciones de carga y descarga de los ferro-barcos.

INFORME DEL RELATOR

En este trabajo se describe el dispositivo adoptado para guiar la maniobra en la carga y descarga de los ferro-barcos en los puertos citados.

El dispositivo está descrito claramente en el trabajo y ha estado en uso desde hace once años con el mejor de los resultados, permitiendo una reducción apreciable en tiempo de maniobra en relación al que se empleaba cuando se dirigía la maniobra con señales de mano y se ha aumentado la seguridad en la misma.

Se trata de una información muy interesante por lo cual me permito aconsejar su publicación.

RESOLUCION DEL CONGRESO

Se acuerda su publicación con vistas a la posible aplicación de la luz a destello en la vía general o en las estaciones, para muchos tipos de maniobras.

TEMA 2

ENSAYOS DEL FACTOR IMPACTO EN LOS PUENTES FERROVIARIOS.

AUTOR: *ASOCIACION DE FERROCARRILES AMERICANOS.*
RELATOR: *Ingeniero JULIO RICALDONI.*

12.

APUNTACIONES ACERCA DE LA REGLAMENTACION INTERNACIONAL PARA EL CALCULO DE PUENTES FERROVIARIOS.

AUTOR: *Ingeniero JOSE SANABRIA.*
RELATOR: *Ingeniero JULIO RICALDONI.*

55.

El trabajo Nº 12 «Ensayos del factor impacto en los puentes ferroviarios» presentado por la Asociación de Ferrocarriles Americanos, sobre los estudios de un Comité de diez y ocho miembros bajo la Presidencia del Ingeniero C. H. Sandberg, no se publica en las Memorias del Congreso, por haberlo sido ya en el Boletín 450 de la A.R.E.A. de enero de 1945, y puede adquirirse en 59 East Van Buren Street --Chicago, 5, III.

INFORME DEL RELATOR

I

El problema del impacto en los puentes es posiblemente el único aspecto del cálculo y proyecto de tales obras que aún puede decirse que, en su aplicación práctica, no ha salido totalmente del empirismo, por lo menos cuando nos referimos a las vigas simples más comunes. Solamente podríamos encontrar un problema todavía de mayores dificultades cuando se encara el efecto del viento sobre los puentes suspendidos —es decir su inestabilidad aerodinámica—, en el cual se suma al problema vibratorio análogo al del impacto, el problema de la distribución —en el espacio y el tiempo—, de las presiones y succiones provocadas por aquel.

Las causas de que tal cosa suceda, es decir de que recién ahora empiece a tenerse la forma científica de encarar el problema, deben buscarse más bien que en las dificultades matemáticas de su solución, en las dificultades que existieron para obtener ciertos datos experimentales sobre los que debería basarse la teoría. Esta a su vez permite entonces separar claramente una serie de variables que afectan en grado diverso, según tipo de puente, vía o material rodante, el valor total del impacto: peso y magnitud del martilleo de las locomotoras, peso, fre-

cuencia y coeficiente de amortiguamiento del puente. Como dice el Prof. Inglis: «El análisis matemático es requerido para indicar las direccio-« nes a lo largo de las cuales debe proceder, y las experiencias, a su vez, « son necesarias para fiscalizar la validez de las predicciones teóricas y « evitar que las matemáticas agoten el olfato y descortecen, por así de-« cirlo, el árbol equivocado.»

Actualmente puede decirse que esa herramienta matemática existe: Es el recién citado Prof. C. E. Inglis quien, como miembro del «Bridge Stress Committee» creado en Inglaterra en 1923, desarrolla el análisis matemático fundamental del problema de las vibraciones en los puentes ferroviarios, estudio publicado más tarde (1934) con el título de «A Mathematical Treatise on Vibrations in Railway Bridges», donde además de plantear las ecuaciones básicas con toda rigurosidad, las aplica con ciertas simplificaciones al cálculo práctico del coeficiente de choque para las condiciones de puentes y locomotoras inglesas, estableciendo así las primeras normas de impacto con base científica (y experimental desde luego).

También —como complemento interesante de este trabajo—, debe citarse otra contribución importante de índole exclusivamente práctica desde luego, pero no por eso de poco interés, que es el estudio de Ch. T. G. Looney titulado «Impact on Railway Bridges» y publicado en 1944 (University of Illinois Bulletin).

Este trabajo presenta además de una rápida revisión y discusión de las investigaciones más importantes anteriores, un método práctico de investigar los efectos calculables sobre los puentes, utilizando ecuaciones exactas y aplicable a cualquier distribución de cargas, pero en la cual la integración de las ecuaciones diferenciales se sustituye por un proceso de cálculo numérico de las mismas hecho «paso a paso» para un gran número de posiciones de la carga, en forma tal de poder sustituir los diagramas reales por otros constituídos por segmentos de rectas.

Ambos estudios, el de Inglis y el de Looney, aunque desde luego de importancia científica diferente, se complementan perfectamente para cualquier estudio de impacto.

Los ensayos o experiencias efectuadas sobre estructuras reales, no sobre modelos, son iniciados con anterioridad a esos estudios teóricos, siendo los primeros realizados por un Comité de la AREA en 1911 sobre 45 puentes, metálicos, tanto de alma llena como triangulados y de luces desde 15 mts. a más de 75 mts. La utilización de estos ensayos, en los cuales se obtenía la flecha estática y dinámica, es puramente empírica ya que la norma de impacto se basa en el trazado de la envolvente de los puntos representativos de los ensayos sobre las coordenadas (luz—impacto en %).

Luego vienen fundamentalmente los del «Bridge Stress Committee» ya mencionados y los de la investigación de J. B. Hunley en 1936 (Impact in Steel Railway Bridges of Simple Span», Proc. AREA) que ensaya 38 puentes entre límites de luces semejantes a los de 1911, pero ya entonces se utiliza la teoría de Inglis, tomando de las experiencias, a ese efecto, el coeficiente de amortiguamiento del puente.

Finalmente, dentro del campo de puentes cortos, se realizan por la AREA durante los años que van desde 1940 hasta el presente, varias

investigaciones experimentales sobre impacto, en los cuales generalmente, aspecto muy importante, se utilizan no sólo fleximetros sino también calibres eléctricos que permiten estudiar no solamente las flechas o desplazamientos verticales del eje del puente, a lo que se habían limitado hasta esa época por no disponer de aparatos adecuados, sino también las tensiones en los lugares más interesantes.

En este campo de los puentes cortos, que comprenden luces hasta 12 ó 15 mts. más o menos, el problema teórico se simplifica notablemente, porque debido al valor elevado de la frecuencia del puente, aún en carga, es imposible todo efecto de resonancia y parece que el martilleo puede considerarse como fuerza estática únicamente.

En cambio toman carácter predominante otras causas de esfuerzos como los defectos de vías y ruedas, uniones de rieles, etc., imposibles de cálculo exacto. Estos motivos hacen que en estos puentes cortos las investigaciones experimentales sean de interés más directo para establecer normas de impacto y que sea donde la forma de encarar este problema sea como «envolvente de los resultados de experiencias» —hablando en forma general—, en forma análoga a las primeras investigaciones, aunque ahora con elementos de medición más variados y perfectos y con más conocimiento de las aplicaciones y limitaciones de estas medidas.

A esta categoría de puentes se aplica precisamente el estudio «Ensayos del factor impacto en los puentes ferroviarios» presentado por la «Asociación Americana de Ingeniería Ferroviaria», que debemos comentar, que, por lo tanto, presenta fundamentalmente datos experimentales que luego de clasificados, discutidos y separadas las variables hasta donde es posible, permiten establecer las normas de cálculo propuestas.

II

El estudio considerado abarca 7 puentes, tanto de tablero discontinuo como balastado, con luces comprendidas entre 6,00 mts. y 10,20 mts. recorridos con locomotoras a vapor (velocidades hasta 137 k/hora) y Diesel, (hasta 161 k/hora) con un conjunto de 900 pasadas; se hicieron observaciones para los mismos puentes con junta de rieles abierta, junta soldada, con junta e interposición de goma y sin junta.

Las magnitudes estudiadas fueron las tensiones máximas en diversas secciones por medio de tensómetros electromagnéticos y oscilógrafos registradores.

Estas condiciones significan, como lo dice el Comité, que «el resul-
« tado de estos ensayos será de especial interés para los ingenieros fe-
« rroviarios en general por tres razones: 1º, porque estos ensayos son
« los primeros realizados en este país en puentes cortos en los cuales
« las tensiones fueron medidas con tensómetros electromagnéticos, elimi-
« nando en esa forma los efectos de inercia de los instrumentos; 2º,
« porque las mayores velocidades, que fueron considerablemente más
« altas que las de ensayos previos en puentes cortos, dan informaciones
« de valor acerca de las tensiones producidas bajo las actuales veloci-
« dades de trabajo; y 3º, porque se presenta una comparación entre
« los efectos de locomotoras con y sin el llamado martilleo que resulta

« de los pesos no equilibrados en las ruedas motrices de las locomoto-
« ras a vapor».

En resumen, las deducciones más importantes son las siguientes:

1. Esfuerzos estáticos.— Considerando como tales a los obtenidos a muy baja velocidad (8 k/hora), se observó que la relación $\frac{\text{tensión experimental}}{\text{tensión calculada}}$ varía entre 1,01 y 0,81 para tableros discontinuos y entre 0,82 y 0,71 para tableros balastados. Esta variación se atribuye a una redistribución de las cargas de los ejes por efecto de los desplazamientos verticales de estos debido a la deformación del tablero y también a la distribución longitudinal de las cargas concentradas por la vía y tablero y a la continuidad del riel en los apoyos.

En cambio no se observó colaboración ninguna del tablero y viga en el trabajo de flexión, ya que las tensiones «simultáneas» en las fibras superior e inferior diferían solamente en un 7% como máximo (generalmente menos de 3%) aún en el tablero de hormigón.

Desde este punto de vista se puede anotar que, en un puente con tablero análogo aunque con las platabandas del cordón superior totalmente embebidas en el hormigón, E. E. Tratman encontró en el ensayo de un puente del Pennsylvania R.R., una colaboración importante, que disminuía las tensiones correspondientes en un 20% aproximadamente.

2. Efectos de velocidad.— Una masa móvil aún sin martilleo ninguno produce sobre el puente una solicitación mayor que la estática, debido por una parte a la aplicación rápida y sucesiva de los diversos ejes y por otra a la fuerza centrífuga desarrollada por efecto de la curvatura del puente. En las experiencias de referencia se obtuvo este efecto por diferencia entre las tensiones de marcha lenta y el «diagrama medio obtenido a velocidad».

Como resultado final se agruparon todos los resultados de ensayos *para cada puente* dado y en el sistema coordenado (velocidad—porcentaje esfuerzo estático) se trazó la envolvente para locomotoras a vapor y Diesel respectivamente.

Estos diagramas muestran en general una «velocidad crítica» (es decir que para velocidades menores o mayores el efecto disminuye) aproximadamente entre 65 y 95 k/hora y generalmente mayor para las locomotoras a vapor que para las Diesel, llegando estas tensiones producidas por el efecto de velocidad a valer hasta un 35 ó 40% de las tensiones estáticas, valores mayores que los que se podría suponer de acuerdo al cálculo —quizás alrededor del 10% (como hacen notar tanto Inglis como Looney)—, y que posiblemente necesitan confirmación en circunstancias variadas; no se encontró por otra parte ninguna relación definida entre la luz del puente y el efecto producido.

Se estableció un valor máximo, para cada caso diferente, que parece cubrir todas las experiencias:

Locomotora a vapor:	Tablero discontinuo	35%
	» balastado	40%
Locomotora Diesel:	» discontinuo	25%
	» balastado	35%

3. *Efecto de vía.*— Para hallar las tensiones producidas por esta causa, o sea el efecto vibratorio causado por defectos de vías y ruedas y por las eventuales uniones de rieles, se sustrajo del valor de la semi-amplitud de oscilaciones obtenida experimentalmente, el valor *calculado* del martilleo, considerado estáticamente como ya se dijo, es decir, una tensión de la forma

$$\sigma = c_2 . c_1 . n^2$$

en el cual n es la frecuencia del martilleo, c_1 una constante que indica la proporcionalidad entre el martilleo (fuerza) y las tensiones y c_2 un coeficiente de corrección por excentricidad de la vía y diferencia entre tensiones estáticas experimentales y calculadas.

Este efecto es de importancia secundaria en puentes de luces grandes pues desaparece relativamente al efecto oscilatorio del martilleo, pero en cambio su influencia es importante en los elementos del tablero o en puentes cortos como estos.

Para mayor conveniencia práctica esas tensiones se sustituyen por una «fuerza concentrada equivalente F_v» que es aquella fuerza que actuando en el centro del puente produce una tensión igual a la obtenida experimentalmente.

Ahora bien, con estos valores de F_v representados para cada puente en el sistema (velocidad — F_v) y por separado los obtenidos con junta de riel o sin ella y con cada tipo de locomotora, se traza la envolvente de estos resultados. Estas envolventes muestran una «velocidad crítica» comparativamente baja, especialmente para locomotoras a vapor, aunque sin una relación perfectamente definida, y sin diferencia en lo que se refiere a la influencia del tipo de tablero o a la existencia eventual de uniones en los rieles.

Estas «velocidades críticas» a veces muy marcadas, aparentemente no concuerdan con la hipótesis aceptada por el «Bridge Stress Committee», ya que éste supone que el «efecto de vía» varía con el cuadrado de la velocidad y es difícil que, a pesar de que la frecuencia de las ruedas sobre la junta es mayor que la del martilleo, pueda producirse resonancia, debido al cambio de frecuencia con el paso de la locomotora y al fuerte amortiguamiento.

Las cargas concentradas equivalentes F_v parecen mayores para vigas muy rígidas, aunque sin relación definida; también como envolvente de las observaciones se fijaron los valores de F_v que cubren los valores máximos probables, diferenciados en las cuatro condiciones ya vistas.

Acerca de este efecto, las *Conclusiones* establecen (para tramos calculados para cargas no mayores de Cooper E.72): «Para puentes cortos « cuando la rigidez I/L de la luz no excede de 60, los valores de la « fuerza concentrada F_v que se indican más abajo, aplicadas en el cen- « tro de la luz, serían suficientes para cubrir el efecto de vía de las lo- « comotoras a vapor o Diesel:

« Para tableros discontinuos

« Con junta de rieles en el tramo	F = 10,00 ton.
« Sin junta de rieles en el tramo	F = 7,27 »

« Para tableros balastados

« Con junta de rieles en el tramo	F = 8,17 »
« Sin junta de rieles en el tramo	F = 5,45 »

4. *Efecto de vaivén.*— La transferencia de una parte del peso del vehículo de una rueda a otra a causa de las oscilaciones de la masa suspendida del mismo alrededor de un eje longitudinal provocadas por irregularidades de la vía o por oscilaciones laterales de la locomotora, ha sido netamente observada en estas experiencias. El estudio ha sido hecho como para el efecto de velocidad, trazando las envolventes de los puntos representados en el sistema (velocidad — porcentaje del esfuerzo estático) para cada puente, separando los dos sistemas de tracción.

Estas envolventes muestran una «velocidad crítica» generalmente mayor para las Diesel (80 a 110 k/h) que para las de vapor (60 a 100 k/h) y porcentajes de tensiones netamente mayores para las de vapor (15 a 23%) que para las Diesel (9 a 17%). El replanteo de estos máximos en el sistema (luz — porcentaje esfuerzo estático) lleva a establecer una serie de valores máximos que cubren todas las contingencias para utilizar en las normas, que son las siguientes:

Locomotora a vapor:	Tablero discontinuo	23%
	» balastado	19%
Locomotora Diesel:	» discontinuo	17%
	» balastado	17%

Sobre este efecto el «Bridge Stress Committee» aconseja tomar un 25% de la carga estática a una velocidad de 6 r.p.s. y admitir su variación proporcionalmente a la velocidad; los ensayos en consideración vemos que confirman el valor máximo, pero no así la influencia de la velocidad, pues hay una dispersión muy grande de los puntos en el sistema (velocidad — porcentaje).

Como otro término de comparación se puede citar la norma de A.R.E.A., 1941, la cual por primera vez hace mención expresa de tal efecto, admitiendo un 20% de la carga estática, sin distinción de locomotora ni tablero, distinción no muy justificable en principio ni aún observando los valores de los máximos obtenidos: para vapor varía entre 15 y 19% para tableros balastados y entre 16 y 23% para tableros discontinuos y para Diesel entre 9 y 17% para los dos tipos de tableros.

5. *Impacto total.*— En este estudio, se considera como «Impacto total», la diferencia que existe entre la tensión máxima producida en velocidad y la máxima tensión en carga estática, expresada en porcentaje de esta última; se incluyen, pues, en este valor, los efectos de velocidad, de vía, de vaivén y el martilleo.

Estos resultados experimentales se resumen primero en una serie de diagramas de coordenadas (velocidad — impacto total en %) separadamente para cada puente, con y sin junta de riel y se trazan allí las envolventes de los puntos de locomotoras a vapor y Diesel respectivamente.

Las características principales son:

a) Existe generalmente una velocidad crítica, ligeramente más marcada para las locomotoras a vapor que para las Diesel y también más para las experiencias sin junta. Sin embargo, se debe expresar que estudiando los conjuntos de puntos, con su enorme dispersión y concentración mayor abajo de los 80 ó 100

k/h, quedan serias dudas sobre la existencia de tales «velocidades críticas» quedando latente la impresión de que también había ciertas probabilidades de que «existiera un aumento constante del I.T. con la velocidad, para las locomotoras a vapor y de que el I.T. tendiera a estabilizarse para las Diesel».

b) La locomotora a vapor provoca, con dos excepciones solamente (en puentes con juntas) esfuerzos mayores que la Diesel y esta diferencia es mucho más marcada en los puentes sin junta que en los otros (del orden del 75% mayor).

c) Las juntas de rieles son también —naturalmente—, un factor de aumento del I.T., aproximadamente del orden del 8% para las locomotoras a vapor, y del 25% para las locomotoras Diesel.

d) El tipo de tablero no tiene aparentemente efecto apreciable en el valor máximo registrado para el impacto total.

e) Finalmente es interesante comparar los valores experimentales obtenidos, con los establecidos con las normas anteriores y con los valores propuestos para el impacto total (incluído el efecto de vaivén ya comentado).

Las normas AREA de 1920 darían para los límites de luces consideradas, un I.T. entre 96 y 98,5% para locomotoras a vapor y entre 48 y 49,25% para eléctricas (o Diesel); las de 1941, ya más claras y discriminadas, dan (incluyendo el 20% para efecto de vaivén), entre 99,5 y 108% para vapor y entre 43 y 50,5 para Diesel.

Los valores máximos obtenidos en los ensayos son siempre, para las locomotoras a vapor, mucho menor que los de la norma AREA-1941, puesto que oscilan entre 50 y 75% (con junta de rieles) y entre 44 y 66% (sin junta de rieles). Para las locomotoras Diesel el valor experimental es, cuando hay junta, aproximadamente igual al de AREA-41 pues oscila —salvo dos casos—, entre 39 y 48% y es menor que el AREA-41 cuando no hay junta, pues oscila entre 21 y 41%.

A conclusiones análogas a las del párrafo anterior se llega en el trabajo de Tratman ya citado, para puentes de luces entre 16,80 y 36,60 mts. y con velocidades hasta de 144 k/h. También se llega a ello en los ensayos del Pennsylvania R.R. de 1940.

Desde el punto de vista de los porcentajes del I.T. todas estas consideraciones indican la conveniencia de seguir —desde luego— con la diferencia entre los dos tipos de locomotoras, según tengan o no martilleo, ya que la influencia de este es muy importante, pero en cambio no diferenciar nada en cuanto al tipo de tablero, rebajando algo en general los valores de normas anteriores, especialmente para locomotoras a vapor. Desde el punto de vista de la influencia de la velocidad, conviene tomar en cuenta el aumento del I.T. con la velocidad —además de un mínimo inferior—, pero no insinuar una «velocidad crítica», sino mantener un valor de seguridad constante a partir de una velocidad alta, criterio lógico según se observó por la falta de una indicación indudable.

La influencia de la luz del puente, en cambio, es muy dudosa ya que se obtuvieron prácticamente iguales máximos para las luces menores (6,00 a 6,50 mts.) que para las mayores (9,0 a 10,0 mts.) en cualquiera de las variantes estudiadas (tablero, juntas y locomotoras), por

cuya razón, en este campo de luces pequeñas no hay interés en mantener el I.T. como función de la luz.

En definitiva, el replanteo de los máximos de todas las envolventes en un sistema cordenado (velocidad — I.T.%) y el trazado de una nueva envolvente de estos máximos permite llegar a las recomendaciones finales que, sobre «Impacto total», hace el trabajo considerado, en estos términos:

«*Normas de impacto para proyecto y clasificación:* Para puentes « de pequeña luz comprendida entre 6,00 y 10,50 mts. los valores del « impacto total indicados más abajo, tomados como porcentajes de los « esfuerzos estáticos reales, serían suficientes para prever el efecto de im- « pacto total tal como ha sido medido en 7 tramos con 900 ensayos:

Para tablero discontinuo

Locomotoras a vapor	I=30% para velocidades hasta 16 k/h I=75% para velocidades a partir de 80 k/h Una variación lineal para valores de I entre 16 y 80 k/h.
Locomotoras Diesel	I=20% para velocidades hasta 16 k/h I=50% para velocidades a partir de 48 k/h Una variación lineal para valores de I entre 16 y 48 k/h.

Para tableros balastados

Locomotoras a vapor	I=30% para velocidades hasta 16 k/h I=75% para velocidades a partir de 80 k/h Una variación lineal para valores de I entre 16 y 80 k/h.
Locomotoras Diesel	I=20% para velocidades hasta 16 k/h I=50% para velocidades superiores a 80k/h Una variación lineal para valores de I entre 16 y 80 k/h.

«Los porcentajes de impacto de más arriba están basados en los es- « fuerzos estáticos reales, que son alrededor del 90% de los esfuerzos es- « táticos calculados para los tableros discontinuos y cerca del 80% para « los tableros balastados. El porcentaje de impacto aumentado para los « tramos de tablero balastado sobre los tramos de tablero discontinuo es « un resultado de los esfuerzos estáticos reales inferiores de los tramos de « tablero balastado.»

III

Además del estudio fundamental del impacto se aprovecharon las experiencias para deducir otras conclusiones de importancia práctica y especialmente nuevas:

1. *Frecuencia de las tensiones máximas.*

Debido a que todas las observaciones fueron realizadas bajo tráfico normal, sus resultados permiten tener una idea, desde luego que especialmente para las líneas utilizadas, sobre la frecuencia probable con

que se producen las tensiones máximas, aspecto interesante para el problema de la fatiga, de fundamental importancia para las estructuras soldadas. Los resultados fueron que aproximadamente el 10% de los trenes produjeron esfuerzos iguales por lo menos al 90% de los máximos.

2. *Repartición de la carga entre las vigas.*

Los datos del informe se basaron en las tensiones medias en la viga o grupo de vigas *bajo cada riel*, pero se pudo observar —desde luego que en aquellos puentes con dos o más vigas debajo de cada riel—, que las componentes de cada grupo de estos no soportaban la misma parte de carga, debido fundamentalmente a que la cota de todas las vigas no era exactamente la misma, existiendo, a veces, diferencias hasta de 12 ó 15 mm.

Se llega, así, a comprobar que en vigas sin diafragmas transversales adecuados, las tensiones máximas individuales llegan a ser 70% mayores que los valores medios y que cuando existen buenos diafragmas esa diferencia llega al 15 % para grupos de 2 vigas y al 20% para grupos de tres vigas debajo de cada riel.

Estos resultados indican netamente la necesidad imprescindible de colocar diafragmas adecuados y de la colocación en obra impecable de las vigas numerosas.

3. *Forma del diagrama de tensiones.*

Cuando la velocidad del tren es elevada toma importancia la velocidad de propagación de la deformación de la viga, marchando las tensiones en los puntos alejados del punto de aplicación de la carga, retrasadas con respecto a las de este punto. Por tal motivo y como lo demuestran los diagramas deducidos de los oscilogramas obtenidos *simultáneamente* en diversos puntos del cordón inferior, la superficie de los diagramas de $\frac{M}{E\ I}$, o de los σ que es análogo, para cargas dinámicas son siempre menores que los de carga estática bajo igual carga, a veces en cantidades importantes.

Este hecho explica la diferencia de los valores de impacto obtenidos por análisis de flechas o de tensiones, siendo éstos generalmente el doble de aquéllos. Debe notarse, sin embargo, que estos valores se aplican especialmente a puentes cortos y que en puentes largos no hay tal diferencia, como lo indican las experiencias del «Bridge Stress Committee», especialmente en puentes con luces mayores de 30 mts.

De cualquier manera indica la conveniencia de utilizar no solamente flexímetros sino también tensómetros dinámicos para el análisis del impacto en los puentes.

IV

Se ve, pues, que el trabajo de referencia ha aportado datos de enorme interés para el estudio en carga de los puentes de tramo corto y especialmente en su aspecto dinámico, datos que son de inmediato empleo para el establecimiento de normas de impacto, bajo condiciones semejantes. Con trabajos de esta índole y análogos para tramos de luces

comprendidas en otra categoría de puentes, repetidos en diversas condiciones de locomotoras, vías y estructuras —más o menos estabilizadas dentro de cada sistema ferroviario—, es que se podrá llegar a dominar totalmente el problema del impacto.

Por otra parte el estudio de este interesantísimo trabajo demuestra que la existencia de los tensómetros dinámicos, ya sea del tipo electromagnético como el utilizado aquí o el de resistencia eléctrica de la Baldwin-Southwark, indudablemente más simples y más adecuados que los óptico-mecánicos utilizados por el «Bridge Stress Committee», no exige para tales investigaciones, instalaciones ni personal de magnitud excepcional, por cuyo motivo deberían realizarse estudios análogos en todos los países.

En esta forma podrán adquirirse los datos correspondientes a las condiciones locales para su utilización directa, así como también una serie de aspectos generales como la frecuencia natural, coeficiente de amortiguamiento, etc., de interés para el estudio científico del problema. Estas condiciones locales son de mucha importancia para el establecimiento de fórmulas y afectan seriamente al estudio teórico, como expresa Looney en su comparación de las investigaciones inglesas y americanas; también es fundamental el estudio dinámico de las locomotoras en cuanto a distribución de cargas, magnitud del martilleo, frecuencia y acción de sus resortes.

El establecimiento de una fórmula racional de impacto en los diversos países permitiría no solamente tener normas de cálculo económicas pero seguras, sino que también permitiría efectuar una *clasificación de los puentes existentes* en cuanto a su capacidad real de carga, afectada tanto por su diseño como por el estado actual de la estructura, comprobable perfectamente tanto por estudios estáticos como dinámicos.

Por otra parte, además de la extensión de estos estudios dinámicos a campos aún inexplorados, como otros tipos de puentes diferentes de los tramos simples (vigas continuas, cantilever, arcos, etc.) o a otras aplicaciones como los puentes carreteros, en donde el problema se rehusa aún más a su estudio teórico y que por lo tanto deberá basarse casi exclusivamente en resultados experimentales aún no encarados, existe, especialmente para países como el nuestro, un campo nuevo de estudios que es el puente ferroviario de hormigón armado. Es en efecto muy poco lo que se conoce sobre el comportamiento de estos puentes bajo acción dinámica y no hay, por lo menos que yo conozca, ningún estudio experimental sobre el impacto; sus características físicas y geométricas tan diferentes de las de los puentes metálicos hacen imprescindible la obtención de datos generales de su comportamiento y también específicos como su frecuencia, amortiguamiento, etc.

Las normas existentes para estos puentes son aún más dispares y vagas que para los metálicos, aparte de enunciar simplemente los motivos de diferenciación con éstos. Tenemos desde el tipo semejante al de puentes metálicos, utilizada por el «Great Northern Railway» que es la AREA-1920 afectada simplemente por un coeficiente 0,75 (referencia de Taylor, Thompson, Smulski, Reinforced Concrete Bridges), hasta el factor empírico constante como el de la norma brasileña NB-2 —por ejemplo para vías rectas sin el balasto—, que fija un impacto igual

a 60%, pasando por el tipo de fórmula originada más bien en el concepto de fatiga que en el verdadero concepto dinámico del problema como el utilizado por el «Delaware, Lakawanna and Western R.R.» (referencia también de Taylor, etc.) que fija un impacto igual al cociente de la sobrecarga dividida por la suma de sobrecarga más carga permanente. Es indudable que en los puentes de hormigón armado el aspecto del efecto de la fatiga y la vibración sobre su capacidad resistente no está tan estudiado como en las estructuras metálicas y que por lo tanto podría querer englobarse estos factores junto con el del impacto en sí mismo, pero aquí, como en todo el campo experimental, el verdadero camino debe ser separar las diversas variables y estudiar detenidamente cada una, llevándola a su etapa de cálculo numérico.

Para terminar: parece conveniente recomendar a los diversos países la ejecución de investigaciones experimentales sobre el efecto de impacto en los puentes ferroviarios, con referencia especial a las estructuras de hormigón armado, para poder, sobre la base de las condiciones locales referentes a estructuras y material rodante, establecer normas de cálculo y clasificación de puentes.

APUNTACIONES ACERCA DE LA «REGLAMENTACION INTERNACIONAL PARA EL CALCULO DE PUENTES FERROVIARIOS»

por el *Ingeniero JOSE SANABRIA*

El Programa de Trabajo del V Congreso Panamericano de Ferrocarriles ha fijado como Tema 2º de la Sección A —Vías y Obras— la *«Reglamentación internacional para el cálculo de puentes ferroviarios»*, asunto de trascendental importancia en el proyecto y explotación de toda vía férrea, pues el capítulo puentes constituye una de las partidas más elevadas del costo de construcción de las vías; en especial de los ferrocarriles de montaña donde los puentes y viaductos permiten acortar los recorridos y aún en las vías de llano, donde tienen que salvarse cursos de agua generalmente de considerable caudal.

No escapará a la penetración de los interesados la utilidad de disponer en los países de este hemisferio de una reglamentación uniforme no solamente para el cálculo sino también para el proyecto de los puentes ferroviarios, pues esto no sólo facilita la elaboración y comparación de proyectos o soluciones para los puentes, sino que abaratará la construcción y el suministro de los mismos, con indudables ventajas económicas de tiempo y de dinero.

Es principio universalmente reconocido que el progreso de los ferrocarriles ha ido parejo con el aumento de peso por eje del material rodante y esto último lleva consigo el incremento de peso y de importancia de los puentes; razón por la cual los perfeccionamientos y economías que se logren en el proyecto de los puentes redundan en una mejor explotación de las vías férreas.

Para los países que, como la mayoría de los del Nuevo Mundo, no han desarrollado la industria siderúrgica y por tanto se ven obligados a proveerse de estructuras metálicas en Europa o en los Estados Unidos

de Norte América o Canadá, la uniformidad en las bases de proyecto de los puentes ha de resultarles especialmente beneficiosa y mucho más cuando se piensa en la plausible tendencia a la internacionalización de las redes ferroviarias que en un futuro deben enlazar todos los países del continente americano, lográndose así uno de los mayores anhelos a que tanto han aspirado las sucesivas reuniones del Congreso Panamericano de Ferrocarriles.

En el IV Congreso, celebrado en Bogotá, el Ingeniero Civil argentino Lucio Alberto Hasperué presentó un concienzudo «Proyecto de Nuevo Reglamento para el cálculo y prueba de los Puentes Metálicos Ferroviarios en la República Argentina», que está publicado en el tomo II, p. 5-50 de las Memorias del Congreso y en los Boletines 70 y 71 de la Asociación Internacional Permanente. Con relación a uno de los aspectos más interesantes de este asunto, en el mismo Congreso, el Ingeniero peruano Carlos Vignolo Murphy sometió el estudio «Deducción Experimental del factor del Impacto» también inserto en el tomo I de las mismas Memorias y en el Boletín Nº 77 de la citada Asociación.

Acerca de estas ponencias, el referido Congreso acordó solicitar de los diversos gobiernos el envío, al Comité Permanente del Congreso Sudamericano de Ferrocarriles, de los reglamentos de construcción de los puentes metálicos y de concreto armado, para que este Comité elaborase un proyecto general que sometería a la consideración de los diversos países y con las observaciones que estos sugirieran, elaborar un proyecto de reglamento definitivo que presentará a la aprobación del próximo Congreso Sudamericano de Ferrocarriles. Toca, pues, a la presente Asamblea, considerar, discutir y promulgar el «Reglamento internacional para el cálculo de puentes ferroviarios».

En vista de la trascendencia de esta cuestión es que me he permitido formular acerca de ella algunas observaciones, sirviéndome de base el ya mencionado proyecto del ingeniero Hasperué y el trabajo del ingeniero Vignolo Murphy, con respecto a los cuales cabe recordar que en reconocimiento al mérito de ellos, la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas de México los publicó reunidos en un folleto.

El autor no tiene conocimiento de que su país haya enviado al Comité Permanente ninguna reglamentación sobre puentes ferroviarios ni que Venezuela haya hecho observaciones al anteproyecto de Reglamento que ha debido elaborar y someterle el mismo Comité. Lo primero se debe a la circunstancia de que el proyecto de dichos puentes no se rige en Venezuela por ningún reglamento oficial, pues los ferrocarriles han sido construídos por empresas particulares o privadas, generalmente extranjeras, que han estado en libertad de proyectar sus obras de arte de acuerdo con normas propias, por lo regular análogas a las de los países de origen de sus capitales, que ordinariamente les han suplido el material de vía, rodante y estructural requerido. Ha sido recientemente, de unos diez años a esta parte, que han pasado a poder de la Nación algunas empresas ferrocarrileras y en un solo caso ésta ha construído directamente para sí un trozo de vía férrea. Para el cálculo de los puentes de esta vía se siguieron las Especificaciones Generales para Puentes Ferroviarios de Acero de la American Railway Engineering Association, edición de 1938, salvo ligeras modificaciones como el tren

de carga, correspondiente a las locomotoras y vagones que realmente traficarán por la vía, y el coeficiente de impacto, determinado por una fórmula en que entran la longitud de la parte cargada para producir el esfuerzo estático máximo y la velocidad del tren. Pero la creación en enero de este año (1946) del Instituto Autónomo «Administración de Ferrocarriles del Estado» es precursora de la nacionalización de todas las líneas a objeto de su mejoramiento y de procurar una coordinación más racional con los otros sistemas, especialmente con las carreteras, de comparativo mayor desarrollo en nuestro país, y con el avión, cuyo porvenir como medio de transporte es halagador y no puede predecirse con exactitud.

Por si aún pueden ser de actualidad, van en seguida algunas observaciones acerca de los puntos que en opinión del autor son los más destacados entre los que debe comprender un Reglamento para el proyecto de puentes ferroviarios.

1º.—Ante todo el Reglamento deberá comprender especialmente aquellos asuntos de carácter general o comunes a todos los tipos de puentes; sin hacer gran distinción en cuanto a los diferentes materiales que pueden usarse en la construcción de ellos; pues salta a la vista lo complejo que sería abarcar en una reglamentación única los detalles de proyecto de puentes de madera, metálicos y de mampostería (en particular de concreto armado).

Por ello juzgo lo más acertado designar las normas que se promulguen con el título «Reglamento Panamericano para el Proyecto y Prueba de Puentes Ferroviarios». En efecto, este reglamento quedará mejor caracterizado con el nombre de Panamericano y no de Internacional. Además, no deberá tener limitaciones en cuanto a la naturaleza de los materiales empleados en los distintos tipos de puentes ni en cuanto a sus aberturas o luces.

En modo alguno expresa lo anteriormente dicho que no deben figurar en el Reglamento los coeficientes de trabajo que se recomiendan respetar ni las condiciones a que han de satisfacer los diferentes materiales usados, pues son estos, justamente, factores que tienden a uniformar y a hacer comparables los proyectos.

2º.—El punto quizá más importante es el relativo a los trenes de carga tipos que habrán de recomendarse. Todos sabemos lo variables que son en su composición los diferentes trenes que circulan en las vías ferroviarias de una misma empresa y mucho más en los de una nación. Pero así como siendo también muy variadas las cargas que circulan por las carreteras, las normas de los diferentes países han logrado recomendar trenes normales para el cálculo de las obras de arte, formados por vehículos tipos ideales que no corresponden exactamente con los que en realidad circulan; asimismo lo más conveniente sería establecer en el Reglamento tipos ideales de trenes formados por locomotoras y vagones con números exactos de toneladas métricas por eje y con separaciones comunes entre ejes, que permitan la variación de unos tipos a otros de diferentes pesos por simple proporcionalidad. Nada nos parece más práctico que el sistema de trenes Cooper y por eso recomendamos para el nuevo Reglamento la introducción de trenes análogos. De este modo, de acuerdo con la importancia de la vía se elegirá el tren tipo para el

cálculo de los puentes, en el entendido que este cubra los efectos que en realidad originarán los trenes que efectivamente circularán por ellos, circunstancia que en cada caso las empresas interesadas deberán comprobar ante las autoridades competentes. Deberán fijarse las cargas de estos trenes tipos contemplando las necesidades efectivas de las vías de la mayoría de los países americanos con trenes de peso comparativamente reducido, para facilitar la construcción de los ferrocarriles de penetración y de montaña.

Creemos que la adopción de tales trenes es de mejores resultados prácticos que los recomendados por el ingeniero Hasperué, quien hace variar los trenes de carga en función de los anchos de trocha.

Como con el uso de las líneas de influencia resulta relativamente fácil y lo más exacto posible la determinación de los esfuerzos, no juzgamos recomendable la sustitución de los trenes por cargas virtuales equivalentes; que para ciertos tipos de puentes, como los continuos, resultan difíciles de establecer.

3º.—En cuanto a la manera de considerar en los cálculos las acciones dinámicas, creemos muy aceptables las fórmulas del tipo recomendado en el estudio del ingeniero Hasperué. Estas fórmulas son análogas a las que figuran desde hace muchos años en las Normas para puentes de los ferrocarriles alemanes y están amparadas por la práctica ferrocarrilera del país que tenía mayor longitud de líneas en Europa.

Muchas son las fórmulas del impacto que tal vez podrían recomendarse. Las que toman en cuenta la velocidad de los trenes están hoy prácticamente en desuso, por la razón de que lo que mayor importancia tiene en el impacto es la forma de constitución del tablero y el estado de conservación de la vía en el puente. La primera de estas consideraciones es de gran importancia, ya que es frecuente prescindir del balasto en los puentes, como es el caso de Venezuela, donde ninguna de sus redes lo usa.

Son estas las razones por las cuales creemos que deben adoptarse para el Reglamento en estudio fórmulas del tipo de las primeras citadas; acompañadas de la recomendación de la conveniencia de eliminar las juntas de la vía en los puentes y procurar en lo posible la adopción del tablero balastado en los tramos.

Si el efecto de impacto es menor que el realmente sufrido por el puente y revelado en las pruebas, este exceso puede mirarse como un margen de seguridad, que si bien acarrea un aumento de costo de la obra, prevé la posibilidad de un futuro aumento de la capacidad de carga del puente y contribuye a darle mayor rigidez.

Interesa sobremanera se continúe la experimentación en este sentido y deberán tenerse muy en cuenta los resultados del «Report of Special Committee on Impact. Description and analysis of bridges impact test made on short open and ballasted deck steel bridges under Diesel and Steam Locomotives» de la Association of American Railroads, anunciado entre los que ha de considerar el presente Congreso.

Para tener en cuenta el impacto de cargas de vehículos automotores en puentes mixtos para ferrocarril y carretera, se recomienda en el reglamento que comentamos, la fórmula

$$\varphi = 1{,}4 - 0{,}0015 l$$

muy semejante a la fórmula lineal usada actualmente por la División de Puentes del Ministerio de Obras Públicas de Venezuela:

$$\varphi = 1{,}51 - 0{,}002l$$

que fué presentada al IV Congreso Panamericano de Carreteras (México, 1941) por el finado ingeniero Teunis F. Stolk hijo, como consta en el tomo I de las Memorias de ese Congreso.

4º.—Como las variaciones térmicas dependen de las condiciones locales, recomendamos fijar en el nuevo Reglamento estas variaciones de acuerdo con las zonas climatéricas de América. El Reglamento que comentamos la fija en ±35ºC. para la Argentina. En Venezuela utilizamos ±20ºC. con respecto a la media.

La contracción de fraguado en obras de concreto armado puede asimilarse a una baja de temperatura de 15ºC.

Si por causas especiales los elementos de una construcción estuvieren sometidos a diferencias de temperatura más importantes que las estipuladas en el Reglamento, se tendrá en cuenta esta circunstancia en los cálculos.

Juzgamos aceptables y ajustadas a la buena práctica actual las normás dadas acerca de la fuerza centrífuga en los tramos en curva, acción del viento y de frenado y arranque. Por lo que respecta a los choques laterales creemos suficiente adoptar una fuerza horizontal única de 5 toneladas perpendicular al eje de la vía, para todos los puentes, en vez de tres fuerzas distintas de acuerdo con los anchos de trocha.

5º.—No compartimos la idea de que el Reglamento excluya la construcción de puentes de madera en las vías férreas, pues estos tipos de tramos serán en ciertos casos recomendables en vista de las condiciones económicas de los gobiernos o de las empresas. Además, con las mejoras que han experimentado recientemente las construcciones de madera, especialmente en sus medios de unión, los puentes de madera pueden ser en casos determinados, los más convenientes, al menos para iniciar la explotación de ciertas vías.

Tampoco creemos que el Reglamento debe hacer recomendaciones especiales para la construcción de puentes metálicos soldados. El empleo de la soldadura es, sin duda, de brillante porvenir, pero como requiere una técnica especial de ejecución y son muchos los fracasos sufridos, especialmente a causa de las acciones dinámicas, en puentes que aún han soportado bien las pruebas reglamentarias de carga y en países de los más avanzados en este género de trabajo, juzgamos prematuro legislar hoy en nuestro medio para aceptar la soldadura como sistema corriente de unión de nuestros puentes ferroviarios. No quiere esto decir que no podría autorizarse su uso para ciertos elementos o detalles de estos puentes (como aparatos de apoyo, placas de expansión del tablero, etc.) y en especial para el refuerzo fácil y económico de algunos tramos existentes.

Por último creemos que el Reglamento debe dejar ciertas tolerancias para el uso de procedimientos de cálculo, siempre que éstos estén fundamentados en los principios de la Mecánica Aplicada y de la Resistencia de Materiales y sancionados por la sana práctica.

Tratándose de un reglamento que ha de usarse en tantos países, es lógico que presente cierta libertad en este sentido. En corroboración

de la conveniencia de esta idea basta recordar el hecho de que por la forma tan general como fué concebida y redactada por sus eminentes autores la clásica Circular Ministerial Francesa de 1906 para las obras de concreto armado, ésta pudo ser utilizada con éxito hasta reciente fecha, sin detener el desarrollo de este género de construcción que ha llegado a alcanzar en Francia tan brillante esplendor.

Sirvan las anteriores apuntaciones generales, carentes de originalidad, como contribución del autor a la promulgación del «Reglamento Panamericano para el Proyecto y Prueba de Puentes Ferroviarios».

INFORME DEL RELATOR

I

El tema de este trabajo es de especial oportunidad para los países latinoamericanos, que están en los comienzos de su obra normalizadora general y los argumentos muy claramente expuestos con que apoya el autor la existencia de esa Reglamentación Internacional, son en su esencia los argumentos indicutibles que se pueden invocar para toda obra normalizadora nacional o internacional. Si bien hay indudablemente muchos temas de normalización difíciles de llevar al campo internacional, o aún sudamericano, por razones técnicas o económicas propias de cada país, como se argumentó eficazmente en ocasión de la creación del «Comité Sudamericano de Normas Técnicas», este tema referente al *cálculo y proyecto* de puentes ferroviarios es, quizás, uno de los susceptibles de realizar, si se accede a dejar de lado los problemas de carácter puramente local.

El carácter de importadores de tales estructuras que tienen los países latinoamericanos, contribuye a ello poderosamente, ya que, como lo hace notar al respecto el Ing. Sanabria: «...la uniformidad en las bases de proyecto de los puentes ha de resultarles especialmente beneficiosa y mucho más cuando se piensa en la plausible tendencia a la internacionalización de las redes ferroviarias que en un futuro deben enlazar todos los países del continente americano, lográndose así uno de los mayores anhelos a que tanto han aspirado las sucesivas reuniones del Congreso Panamericano de Ferrocarriles».

Por otra parte, ya el IV Congreso realizado en Bogotá, aprobó el criterio de redactar un proyecto de Reglamento Internacional para que este V Congreso lo considerara, basado en el estudio comparativo de los reglamentos nacionales; parecería, sin embargo, que nada se ha hecho en ese sentido, ya que no se ha presentado aún el proyecto respectivo.

II

El autor de la ponencia, después de hacer una referencia a la forma en que se realiza en Venezuela el cálculo y proyecto de puentes ferroviarios y la evolución probable de la propiedad particular hacia la nacionalización de los ferrocarriles, hace una serie de observaciones sobre algunos puntos importantes de una reglamentación como la considerada:

a) El reglamento comprenderá solamente los temas comunes a todos los tipos de puentes —en materiales o luces—, aunque sí admite la fijación de coeficientes de trabajo y características de los materiales correspondientes.

b) A pesar de reconocer la diferencia en la composición de los trenes de diversos países y aún de las diversas líneas de un mismo país, recomienda la adopción de un tren tipo ideal —con sus múltiplos y submúltiplos en cargas— análogos a los trenes Cooper; tales trenes deberían ser más bien livianos para contemplar la situación de la mayoría de los países americanos y deberán elegirse previa demostración de que el tren ideal cubre los efectos reales. No recomienda la utilización de las cargas uniformes equivalentes, dada la facilidad de trazado y empleo de las líneas de influencia.

c) Sobre las acciones dinámicas o impacto, creyendo que algún exceso de seguridad en las normas no es inconveniente como previsión de futuro, aconseja la aplicación de una fórmula del proyecto de reglamento argentino del Ing. Hasperué, del tipo $I = a + \frac{b}{c+l}$ en donde *a*, *b*, *c* son constantes diferentes para dos tipos de tablero (discontinuo o balastado), es decir, análoga a la del Reglamento Alemán con alguna simplificación de tipos de tablero y vía; para los puentes mixtos también recomienda una expresión lineal en la luz del tramo.

d) Las variaciones térmicas serán desde luego variables de acuerdo con las zonas de ubicación de la estructura. La contracción de fraguado para obras de hormigón armado propone asimilarla a un descenso de 15°C.

Para las fuerzas adicionales: centrífuga, viento y frenado o arranque, juzga convenientes las normas recomendadas en el estudio del Ing. Hasperué, presentado al IV Congreso, correspondientes al Reglamento Alemán.

e) Cree inconveniente eliminar del reglamento internacional a los puentes de madera ya que, debido a las condiciones económicas de las empresas generalmente existentes y a los perfeccionamientos experimentados últimamente en la construcción de estructuras de madera en aquellas regiones que disponen de maderas de calidad estructural, los hacen muy convenientes y seguros.

f) Teniendo en cuenta algunos fracasos experimentados por puentes soldados, como consecuencia principalmente de fenómenos de fatiga y esfuerzos residuales, juzga prematuro legislar sobre la adopción general de la soldadura en la construcción de puentes metálicos, con excepción de detalles secundarios, o aún aparatos de apoyo, etc.

g) Finalmente propone dejar ciertas tolerancias para los métodos de cálculo a utilizar en el proyecto de puentes, siempre que, naturalmente, sean métodos reconocidos como correctos.

III

El criterio de no referirse nada más que a temas generales es indudablemente el que conviene más cuando debe encararse el estudio de una norma de carácter internacional, por la facilidad de acuerdo, de

manera que es de recomendar para una primera etapa, pero también puede pensarse en temas más concretos para el trabajo del futuro, una vez aunadas opiniones sobre cuestiones generales, ya que hay mucha parte de normas específicas para determinados tipos de puentes, que no hay por que creer, por lo menos no lo parece a primera vista, que presenten dificultades insalvables. De este tipo sería por ejemplo en estructuras metálicas, además de los materiales y coeficientes de trabajo a que ya se hizo referencia: dimensiones y espesores mínimos de perfiles, normas generales de remachado, esbelteces límites, bases generales para el cálculo de esfuerzos, etc.

En ese sentido parece conveniente la inclusión de puentes de madera dados los perfeccionamientos en la clasificación y protección de la madera por una parte y en el desarrollo de los conectadores como medio de unión esencialmente simplificado de los sistemas estructurales.

En cambio la soldadura debe ser aun, —en muchos países sudamericanos por lo menos,— objeto de normas y condiciones especiales, dado el pequeño desarrollo que ese medio de unión tiene, aún para estructuras sometidas a esfuerzos estáticos, y que su técnica requiere cuidados especiales para evitar fracasos posteriores. Desde luego, que parece inconveniente llegar a prohibir su utilización.

Por último, el otro motivo interesante de observaciones es el valor del impacto a utilizar en las normas. Quizás este sea el tema mas difícil de concretar y de informar, dado que depende esencialmente no solo de las condiciones de colocación de la vía, —condición fácilmente separable en dos o tres tipos como lo propone el mismo autor del trabajo,— sino también y en modo especial para puentes grandes del tipo de material rodante con sus grandes variaciones posibles de un país a otro (especialmente por la diferencia de orígen del material de tracción).

La adopción pues de una fórmula de impacto podría hacerse entonces en dos etapas: de inmediato y de acuerdo con un estudio previo de las características mecánicas del material de tracción existente, se podría elegir para cada país el tipo de norma más adaptable entre las modernas como la inglesa, norteamericana, etc., por comparación con el material de tracción de estos países. Este primer estudio serviría además para la clasificación de los puentes existentes en cuanto a su capacidad de carga.

En una segunda etapa, como consecuencia también de la normalización posible del material rodante y de una comparación de los resultados de la primera, se podría ver la posibilidad de llegar a la utilización de una norma única.

RESOLUCION DEL CONGRESO PARA LOS TRABAJOS 12 Y 55

1º Recomendar de manera especial la continuación de tales estudios teniendo en cuenta las conclusiones del trabajo sobre «Ensayos del factor impacto en los puentes ferroviarios», y las indicaciones del trabajo sobre: «Apuntaciones acerca de la reglamentación internacional para el cálculo de puentes ferroviarios».

2º Recomendar que se limite a aquellas, en una primera etapa, a las normas de carácter general, relativas a los esfuerzos solicitantes, las fatigas admisibles, etc. teniendo en cuenta los reglamentos Argentino, Norteamericano, Alemán e Inglés.

3º Recomendar a los diversos países la ejecución de investigaciones experimentales sobre el efecto del impacto en los puentes ferroviarios, referencia especial a las estructuras de hormigón armado, para poder, sobre la base de las condiciones locales referentes a estructuras y material rodante, establecer normas de cálculos clasificación de puentes.

4º Publicar los trabajos en las Memorias del Congreso, dado el valioso aporte que significan para el estudio de este tema.

TEMA 2

ESTUDIO SOBRE PUENTES FERROVIARIOS EN ZONAS SISMICAS.

AUTOR: *Ingeniero JORGE DEL RIO BRETIGNERE.*
RELATOR: *Ingeniero JULIO RICALDONI.*

50.

Como resultado de una larga experiencia en la cual se han observado y analizado minuciosamente los efectos de los temblores tanto en las fundaciones, como los efectos producidos en la estructura misma de los puentes, se ha podido establecer un criterio general para el proyecto y cálculo de estas obras.

Este criterio adoptado por la Empresa de los FF. CC. del Estado en Chile para los puentes ferroviarios, es en general más rígido que el que se puede adoptar para los puentes carreteros, pues las interrupciones del tráfico en los puentes carreteros no tienen la importancia y las consecuencias de las interrupciones en los puentes ferroviarios, y además la seguridad del mismo obliga a tomar más serias precauciones.

Aunque no se puede pensar en absoluto que este criterio va a evitar en el futuro el fracaso de alguna obra, sin embargo hace predecir que las posibilidades de que una obra sufra perjuicios de importancia se reduzcan al mínimo.

El criterio general para el cálculo y proyectos de puentes ferroviarios se puede resumir en los siguientes puntos:

1º Recomendar la construcción de puentes metálicos con preferencia sobre los puentes de concreto armado, en general.

2º Se construirán puentes de concreto armado, siempre que estas soluciones estén conformes a los puntos siguientes:

a) Preferir la solución de sustentación isostática sobre los de sustentación hiperestática.

b) Si por razones de economía mayor o por estética es recomendable una solución de sustentación hiperestática, ésta se hará, siempre que el terreno de fundación dé seguridad que no se producirán sentamientos en él.

c) Evitar cepas o estribos enrejados de concreto armado que estén sometidos a empujes de tierras.

Las observaciones principales se han hecho después de los terremotos del 24 de enero de 1939 y del terremoto de Combarbalá en abril de 1944.

Analizaremos separadamente los efectos sobre las fundaciones, sobre los muros de contención de tierra, sobre los puentes de albañilería, sobre los puentes de concreto armado y sobre los puentes metálicos.

1) *Efecto de los temblores sobre las fundaciones.*

El efecto de los sismos sobre los terrenos de fundación ha sido bastante importante en los puentes en Chile.

Su principal efecto han sido los sentamientos de los terrenos. Estos sentamientos se han producido a veces por fallas del mismo en sus capas estratificadas inferiores y otras veces por bajamientos debidos a acomodación de las partículas de arena o acomodación de las piedras de ríos.

Estos sentamientos no han sido en general uniformes a lo largo de toda la estructura del puente, más bien se han presentado sentamientos desiguales. Muchos de estos sentamientos han sido paulatinos producidos sin duda por pequeños temblores (30 o más al mes) y otros se han producido súbitamente en un sismo determinado.

Otra razón por la cual además se producen estos sentamientos es en primer lugar debido a que las aguas subterráneas lavan el ripio y arena gruesa llevándose las pequeñas partículas de arena fina y arcilla produciendo así un estado de desequilibrio que con los movimientos sísmicos tienden a restablecer una nueva acomodación del material.

En los lechos de arena este fenómeno se ha observado muy bien. Con las alternativas de una humedad y sequedad va produciéndose un paulatino esponjamiento de éstos y por lo tanto un aumento del porcentaje de huecos.

Con las trepidaciones la arena se contrae por acomodación de sus granos, dejando un porcentaje menor de huecos.

Estos sentamientos pueden llegar a varios centímetros verticalmente o bastante más en algunos, como ser en el Puente Itata, después del terremoto de Chillán. Este terremoto produjo, al acomodar mejor las partículas de arena del lecho del Itata, un descenso del mismo y un deslizamiento de las tierras altas hacia el río, formándose grietas o más bien hundimientos de más de 2 mts. de profundidad. Esto produjo la quebradura de las torres de la cepa Nº 3 al nivel del terreno y el traslado horizontal de su pie en más de 4 metros con el consiguiente descenso en 3 metros de la cabeza de la cepa.

Otro caso bien típico de este fenómeno es el del puente ferroviario en Huaquén. La magnitud del asentamiento depende del espesor de la capa de material suelto, de la duración e intensidad del temblor y del grado de acomodación que haya tenido previamente éste.

2) *Efecto de los temblores sobre los muros de contención de tierra.*

Ninguna otra obra ha sufrido más con los temblores, que los muros de contención de tierras. De tal manera que la simple teoría del empuje no se puede aplicar en el cálculo de muros de contención. Ha habido necesidad de adoptar ciertos criterios en el cálculo de estos muros, criterios los cuales no han llegado todavía en Chile a su forma definitiva, ya que faltan las experiencias necesarias.

Los efectos sobre los estribos de puentes sometidos a empujes de tierra han sido en muchos casos catastróficos. Así, por ejemplo, en los puentes ferroviarios Lonquén, Bío-Bío, etc.

Los muros en ala de los estribos igualmente han cedido en muchos casos, volcándose totalmente, como ser los casos del puente Larqui (fe-

rroviario), Puente Estornu, Puente Diguillín y otros. Sin duda que los rellenos hechos detrás de los muros de contención han influído enormemente en los empujes y de ahí la necesidad de hacer estos rellenos con el material adecuado.

En muchos casos, por evitar los estribos de puentes, los proyectistas usaron cepas enrejadas de concreto armado con pilares esbeltos, permitiendo así que las tierras tomen un talud natural. Este tipo de obras está prohibido en los Ferrocarriles de Chile, pues con los temblores, al tender o tomar los terraplenes un ángulo de talud natural menor y por lo tanto al deslizarse hacia abajo han producido la rotura completa de estas cepas y con esfuerzos imposibles de ser dados por la teoría o cálculo alguno. Puesto el terraplén en movimiento hace imposible toda hipótesis de cálculo.

Estos casos se han visto palpables en varios puentes.

Los efectos sobre los muros de albañilería de ladrillo o piedra también han sido en muchos casos desastrosos. La simple adherencia dentro de los materiales que constituyen la albañilería ha fallado.

En el terremoto de Combarbalá se pudo apreciar este fenómeno en muchos muros.

3) *Efecto de los temblores sobre los puentes de albañilería.*

Los principales daños y destrozamientos provocados por los terremotos, aparte de los muros de contención, afectaron principalmente a los arcos y bóvedas de material de piedra o ladrillo en la mayoría de los puentes. En las obras de albañilería de ladrillo se han producido daños totales, causando las mayores dificultades al tráfico. Hubo necesidad en estos casos de construir variantes con puentes provisorios y colocar vigas de emergencia para poder restablecer el tráfico.

Así fueron destruídas totalmente las bóvedas de los kilómetros 344,400; 421,400; Puente Piti-Piti (tres arcos continuos), Km. 429,700; Puente Huenchuqueo (tres bóvedas continuas), Km. 44,700, dos arcos continuos, y así varias más; y fuera de innumerables bóvedas agrietadas que están aún en observación bajo tráfico.

4) *Efecto de los temblores sobre los puentes de concreto armado.*

Sin duda que los efectos sobre los puentes de concreto armado son causados principalmente por los sentamientos de los terrenos. Por lo tanto, en los casos de puentes de sustentación isostática, como ser vigas simplemente apoyadas, los efectos de destrozo no han sido llevados a la estructura misma, sino que han sido solamente sobre las fundaciones.

Pero no ha sido lo mismo con respecto a los puentes de sustentación hiperestática, puesto que al ceder, el terreno ha producido roturas o fuertes grietas en la estructura misma del puente. Así las vigas continuas como ser los casos de los puentes en el Ferrocarril Longotoma y Los Vilos e innumerables puentes carreteros en todo el país.

Entre los puentes carreteros hay casos totalmente catastróficos. Como ser el puente sobre el Itata en Ñipas, de 600 mts. de longitud en tramos de 22 mts. sobre el lecho arenoso. No todo el puente sufrió graves consecuencias, pero hubo necesidad de reconstruírlo en parte.

El Puente Ñuble, en Cocharcas, 720 mts. de longitud, quedó convertido después del terremoto del año 1939 en una verdadera montaña rusa. A pesar de todo, el puente resistió un tránsito formidable después del terremoto y fué, durante ocho días, el único puente que comunicó a Chillán con el Norte del País. Cuando se le hicieron los primeros refuerzos, estaba en algunos puntos tan debilitado que su conservación era casi inexplicable.

En general los puentes de concreto armado se comportaron bien en todos los casos en que no hubo asentamientos de terreno. Puentes en arco, bóvedas, vigas continuas en muchos casos no han sufrido hasta el día de hoy el menor desperfecto.

5) *Efecto de los temblores sobre los puentes metálicos.*

Los perjuicios en los puentes metálicos han sido relativamente pequeños, quebrándose únicamente algunas piezas de apoyo. Los trabajos de reparación han consistido en colocar el puente en su verdadera posición y arreglar apoyos. Las interrupciones de tráfico han sido breves, pues la tarea de colocar los tramos metálicos sobre apoyos provisorios de madera ha sido siempre corta. En el terremoto de 1939, hubo necesidad de reparar 604 apoyos. En el de Combarbalá, ninguno.

Tal como en los puentes de hormigón, los desperfectos se han producido en las fundaciones, estribos y machones del puente. Cabe decir que cualquier desnivelación en los apoyos, salvo pocas excepciones, es fácil siempre de arreglar.

Además los costos de reparación han sido muy bajos.

Una desnivelación de apoyo en vigas continuas de grandes luces no influye tanto en las solicitaciones del entramado metálico. Hemos podido comprobar desnivelaciones lentas producidas en 30 años hasta de 4 cmts. y sin embargo que no han afectado la seguridad del tráfico.

Observaciones Generales

Conviene, antes de sacar conclusiones, hacer algunas indicaciones sobre las fundaciones en lechos de río de grava o arena, o grava y arena juntos, ya que según lo que hemos podido observar en los efectos principales de los temblores sobre los puentes, éstos radican principalmente en la calidad de las fundaciones.

La gran mayoría de los ríos chilenos tienen este tipo de lecho.

Como resultado de la experiencia sobre estos terrenos de fundaciones, podemos decir lo siguiente:

1º Hay conveniencia absoluta de estudiar el espesor de la capa de grava o arena, o grava y arena juntos, ya que los asentamientos van a ser función del espesor de esta capa.

2º Si la capa es profunda y horizontal, los asentamientos son iguales para todas las fundaciones de la estructura, siempre que la fundación haya sido llevada a una profundidad conveniente.

3º Si esta capa en la parte superior presenta fuertes desniveles, hay deslizamiento de las partes superiores hacia las inferiores.

4º Si la capa es de poco espesor y está sobre terreno firme de conglomerado, hay que tener presente los siguientes casos:

a) Si la capa de terreno firme es horizontal, los asentamientos serán iguales para todas las fundaciones.
b) Si es irregular, serán mayores los asentamientos donde la capa de grava o arena sea mayor.
c) Si se presenta una discontinuidad o fuerte declive hay posibilidades de un deslizamiento del terreno.

5º Los asentamientos son menores en fundaciones más profundas.

Conclusiones

Del análisis del estudio anterior, presentamos la siguiente ponencia:

«El V Congreso Panamericano de Ferrocarriles, considerando que hay conveniencia en definir con criterio a aplicar en los estudios y proyectos de puentes ferroviarios en los países afectos a un régimen de temblores, acuerda:

1º Recomendar la construcción de puentes metálicos con preferencia sobre los puentes de concreto armado, en general.

2º Recomendar la construcción de puentes de concreto armado, siempre que estas soluciones estén conformes a los puntos siguientes:

a) Preferir la solución de sustentación isostática sobre los de sustentación hiperestática.
b) Si por razones de economía mayor o por estética es recomendable una solución de sustentación hiperestática, ésta se hará, siempre que el terreno de fundación dé seguridad que no se producirán asentamientos que afecten la estructura en él.
c) Evitar cepas o estribos enrejados de concreto armado que estén sometidos a empujes de tierras.

3º Recomendar a las distintas empresas ferroviarias sudamericanas, un intercambio permanente de sus observaciones sobre efecto de los temblores en los puentes ferroviarios.

INFORME DEL RELATOR

El Ingº Jorge del Río expone una serie de observaciones acerca de los efectos que han tenido sobre los puentes ferroviarios chilenos los terremotos de 1939 y 1944 especialmente, discutiendo los daños provocados sobre los diversos elementos —fundaciones, muros de contención y superestructura—, y la influencia del material de la estructura: mampostería, hormigón armado y acero.

Es así que analiza la importancia que tiene el espesor de la capa de fundación, así como su ubicación e inclinación sobre la horizontal, sobre la distribución y magnitud de los sentamientos y luego el efecto que éstos tienen sobre la permanencia de la estructura, anotando lógicamente la ventaja de los tipos isostáticos sobre los hiperestáticos, en cuanto pueden soportar, sin perder su capacidad portante, grandes desplazamientos rígidos, y también la preferencia de los tramos metálicos que por su ductilidad son capaces de absorber grandes deformaciones permanentes sin la pérdida total de su capacidad resistente ni sin la producción de roturas. Desde luego, los más débiles, desde este punto de vista, son los puentes de albañilería.

De acuerdo con esas consideraciones perfectamente aceptables, se puede recomendar la adopción de la ponencia respectiva:

«El V Congreso Panamericano de Ferrocarriles, considerando que hay conveniencia en definir el criterio a aplicar en los estudios y proyectos de puentes ferroviarios en los países afectos a un régimen de temblores, acuerda:

1º Recomendar la construcción de puentes metálicos con preferencia sobre los puentes de concreto armado, en general.

2º Recomendar la construcción de puentes de concreto armado, siempre que estas soluciones estén conformes a los puntos siguientes:

a) Preferir la solución de sustentación isostática sobre los de sustentación hiperestática.
b) Si por razones de economía mayor o por estética, es recomendable una solución de sustentación hiperestática, ésta se hará siempre que el terreno de fundación dé seguridad que no se producirán asentamientos que afecten a la estructura en él,
c) Evitar cepas o estribos enrejados de concreto armado que estén sometidos a empujes de tierras.

3º Recomendar a las distintas empresas ferroviarias sudamericanas, un intercambio permanente de sus observaciones sobre efecto de los temblores en los puentes ferroviarios.»

RESOLUCION DEL CONGRESO

1º Recomendar en general que en los países sujetos a un régimen de temblores, se dé preferencia a la construcción de puentes metálicos sobre los puentes de hormigón armado.

2º En dichos países se recomienda no obstante la construcción de puentes de hormigón armado siempre que estas soluciones estén conformes a los puntos siguientes:

a) Preferir la solución de sustentación isostática sobre los de sustentación hiperestática.
b) Si por razones de economía mayor o por estética es recomendable una solución de sustentación hiperestática, ésta se hará siempre que el terreno de sustentación dé seguridad de que no se producirán asentamientos que afecten a la estructura en él.
c) Evitar cepas o estribos enrejados de hormigón armado que estén sometidos a empujes de tierra.

3º Recomendar a las distintas empresas ferroviarias sudamericanas, un intercambio permanente de sus observaciones sobre efecto de los temblores en los puentes ferroviarios.

4º Publicar en las Memorias del Congreso el presente trabajo por constituir un valioso aporte al estudio de ese tema.

TEMA 3

COMPARACION DE LAS TENSIONES ORIGINADAS EN LOS RIELES DE VIA COLOCADOS EN POSICION VERTICAL E INCLINADA.

AUTOR: *Ingeniero R. A. INGLIS.*
RELATOR: *Ingeniero FELIX DE MEDINA.*

5.

En el análisis y comparación siguiente de las tensiones en los rieles colocados verticalmente o inclinados al ángulo usual de 1 en 20, el autor no tiene la intención de entrar en argumentos en pro y en contra de las dos prácticas, pero, solamente, de examinar la diferencia en las tensiones y presiones que resulten, siendo el método empleado el gráfico (estática-gráfica) para cualquier viga horizontal sometida a cargas enteramente transversales solamente. Los dos casos generales: 1) de riel en vía recta y 2) en vía curva, serán considerados independientemente.

Caso I. — Vía Recta

El diagrama "A", adjunto, indica un riel Vignole de 100 libras "British Standard" (R)", con la rueda y pestaña en su posición normal para vía recta. Las líneas llenas se refieren al riel inclinado, las líneas punteadas al riel vertical. Con el fin de facilitar la comparación del riel vertical con el riel inclinado, la rueda está inclinada con relación a la última posición. La elipse, de momentos, ha sido dibujada (la mitad solamente) con los semi-ejes principales igual a los dos radios de giro kx=2,21" y ky=1,02", como indicado. Los planos de carga y flexión, en ambos casos, están indicados, como también el eje neutro. Como se sabe, el eje neutro es conjugado al plano de carga, y el plano de flexión está en ángulo recto con el plano del eje neutro. La construcción gráfica no será descripta aquí, pero en el caso del riel inclinado, el ángulo θ', entre el eje neutro y el eje principal "yy" del riel, puede calcularse o verificarse refiriéndose a la ecuación:

$\tan\theta \times \tan\theta' = \dfrac{k_y^2}{k_x^2}$ donde tan θ es la tangente del ángulo entre el plano de carga y el eje "yy".

En este caso $\tan\theta = \dfrac{1}{20} = 0{,}05.$

$$\therefore\ \tan\theta' = \frac{1.02^2}{2.21^2 \times 0.05} = 4.26035.$$

y $\theta' = 76°47'26"$, como dibujado.

Visto que la carga actúa transversalmente, el eje neutro xx (riel vertical) ó zz (riel inclinado), pasará por el centro de gravedad C de

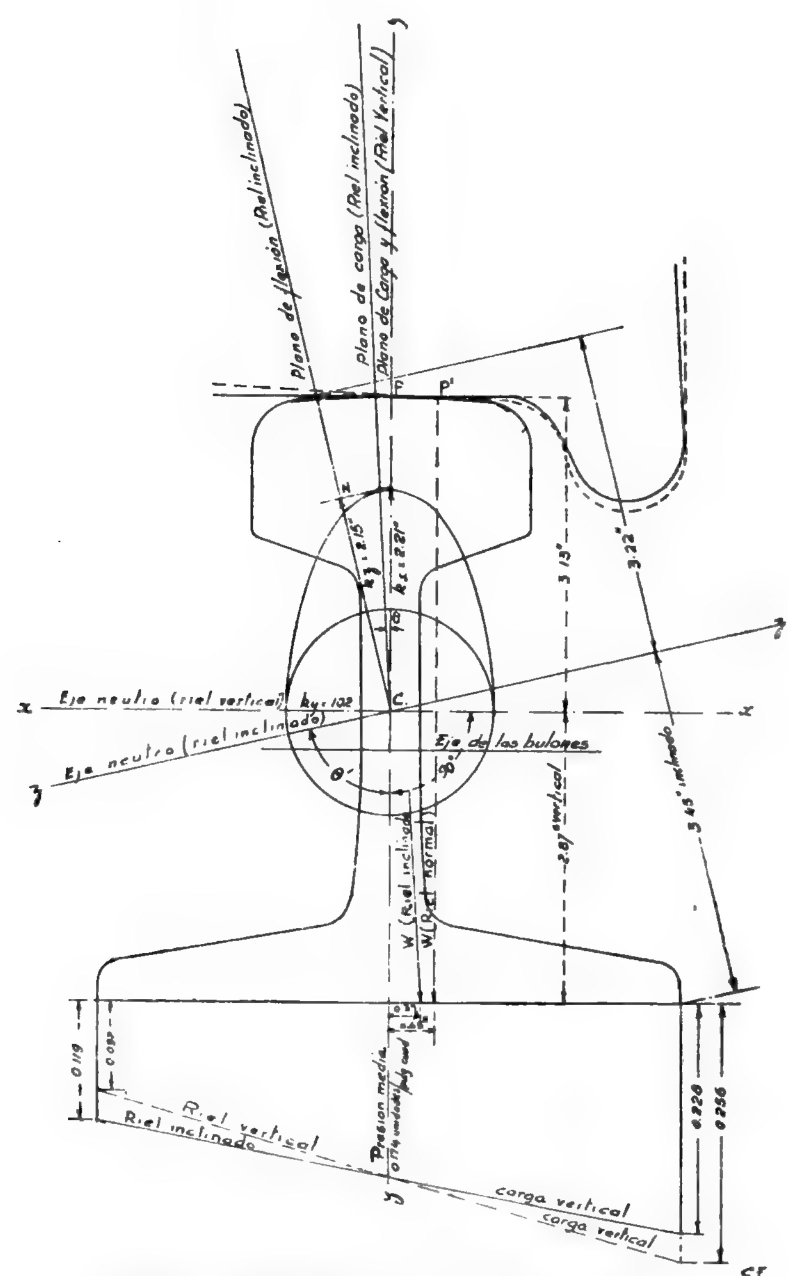


Diagrama de esfuerzos unitários sobre la base del riel para una carga-unidad por rueda por una unidad de longitud del riel.

A - TANGENTE

la sección, como indicado. Para el riel inclinado, el punto de contacto P de la llanta con la cabeza del riel, coincide con el centro de la cabeza, y, siendo la altura del riel de 6", la línea de acción de la carga W, que es paralela al plano de carga, corta la base del riel en un punto 6/20=0.3" adentro de su centro. Para el riel vertical, puesto que el radio de la cabeza es igual a 9", el punto de contacto P' es 0.45" dentro del centro y la carga W corta la base en un punto verticalmente bajo P'.

Las tensiones máximas en la sección del riel varían proporcionalmente a la distancia "y" de las fibras extremas desde el eje neutro, y en proporción inversa al radio de giro al cuadrado. Las distancias desde el eje neutro a las fibras extremas de tensión y compresión, están indicadas en ambos casos. Según las propiedades de la elipse, de momentos, puede demostrarse que el radio de giro k_e para el riel inclinado es = CN, donde CN es la perpendicular desde el centro de gravedad sobre la tangente a la elipse dibujada paralela al eje neutro zz (véase el diagrama). En este caso CN mide 2,15". Por lo tanto, la relación del esfuerzo unitario máximo de tensión en el riel inclinado al del riel vertical, es igual a:

$\frac{3.45}{2.15^2} \times \frac{2.21^2}{2.87} =$ 1,27, es decir, la tensión máxima del riel inclinado es más o menos 27% *más* que su valor para el riel vertical.

Asimismo, el esfuerzo unitario máximo de compresión en el riel inclinado es:

$\left(\frac{3.22}{2.15^2} \times \frac{2.21^2}{3.13} - 1\right) 100 =$ más o menos 9% *más* que es en el riel vertical. El esfuerzo unitario máximo en tensión en el riel inclinado ocurre en el borde interior de la base, y en compresión en el borde exterior de la cabeza. En el riel vertical, la tensión máxima de tracción ocurre en todos los puntos de la base del riel, y la tensión máxima de compresión, en el centro P de la superficie de rodamiento.

Visto que el ancho de la base es de 5¾", la presión media sobre la misma es 0.174 unidades por pulgada cuadrada para una carga-unidad por rueda por una unidad de longitud del riel (W = 1).

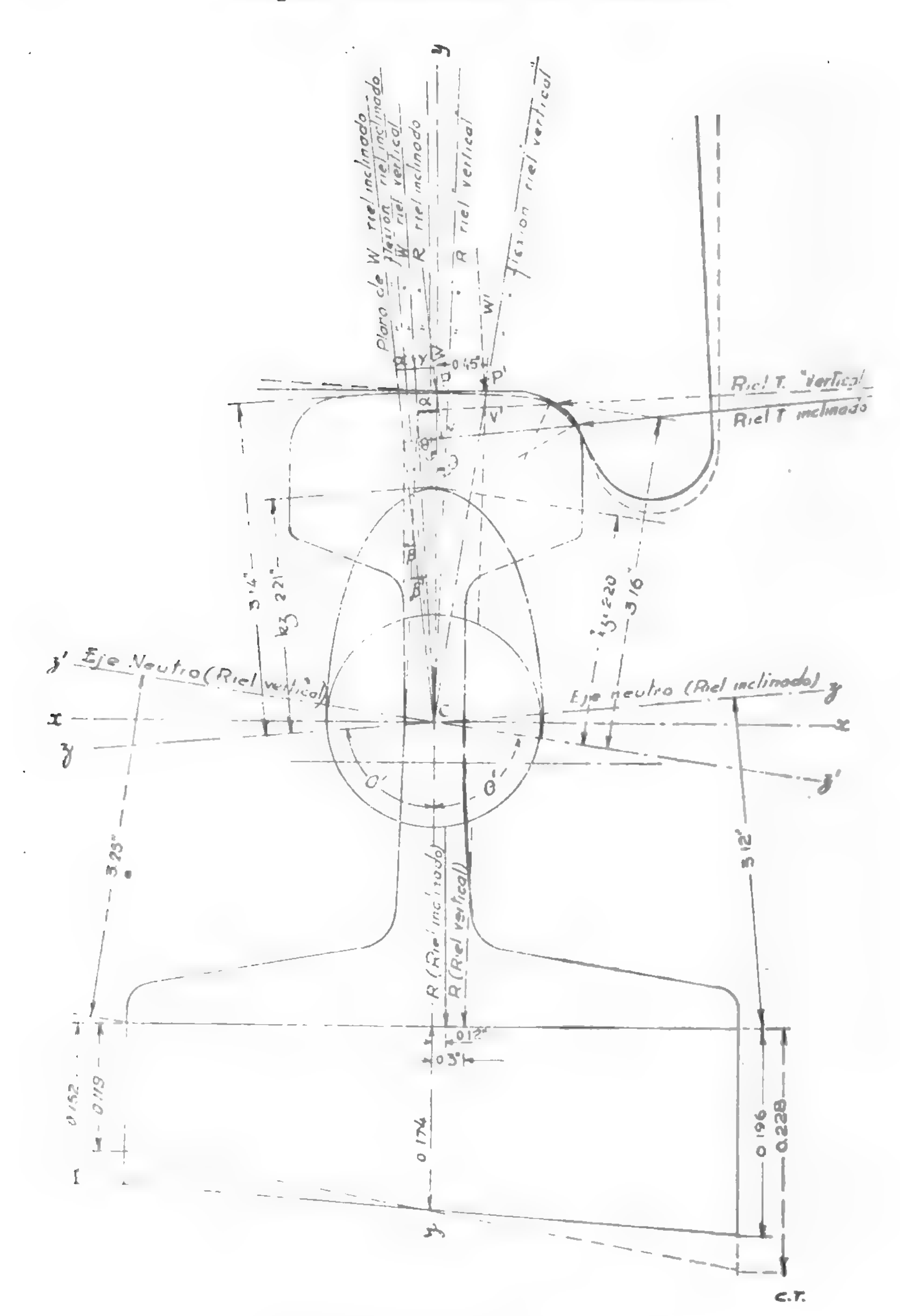
Las presiones unitarias máximas y mínimas para el riel vertical, como también para el riel inclinado, están indicadas, calculadas según la ecuación usual:

$$p = \frac{W}{B}\left(1 \pm \frac{6_e}{B}\right)$$

donde se significa la excentricidad de W y B = 5¾". Se observa que el riel vertical da una presión máxima (en el borde interior de la base) 12% mayor que la presión máxima para el riel inclinado.

Visto que las tensiones son de mayor importancia práctica que las presiones, el riel vertical tiene la ventaja desde el punto de vista de las tensiones en el riel, como debe esperarse.

Nota: El diagrama "A" puede usarse para determinar el esfuerzo unitario efectivo en cualquier punto de la sección del riel, originado por cualquier momento flector M en esa misma sección, porque la ten-



B. CURVA, RIEL EXTERIOR..

sión unitaria $f = \frac{M}{A} \times \frac{y}{k^2}$ donde A significa el área transversal del riel.

Asimismo, la presión unitaria efectiva en cualquier punto de la base, puede encontrarse multiplicando la presión unitaria tomada del diagrama por la carga efectiva por pulgada lineal del riel.

Caso II. — Vía en Curva, Riel Exterior

El diagrama "B" ilustra el caso del empuje horizontal de la pestaña sobre el riel exterior debido a la fuerza centrífuga en las curvas. Se da por entendido, sin duda, que en el caso del riel en las curvas, todos los planos, esfuerzos y presiones varían según el radio, la superelevación y la velocidad. Para dar un ejemplo, el empuje T ha sido calculado para una carga unitaria por rueda W por un largo unitario del riel sobre una curva de 300 m. de radio a una velocidad de 60 k.p.h. y es igual a 0.094 unidades de fuerza. Visto que T varía con la velocidad cuadrada e inversamente con el radio, el valor unitario de T puede evaluarse fácilmente para cualquier otra curva y velocidad. Una vez que el punto de aplicación y dirección de la carga W por rueda y el empuje T han sido encontrados, las dos fuerzas combinadas dan la dirección y el punto de aplicación de la presión resultante R sobre la base del riel. En el caso del riel normal al durmiente (digamos riel "vertical") R corta la base 0,3", y en el caso del riel inclinado, 0,12" adentro del centro de la base como indicado, los puntos de aplicación de W siendo P y P' como antes. V y V' son los puntos de intersección de la línea de acción de T con W y W', respectivamente.

Los ángulos que forman los planos de la carga y del eje neutro con el eje principal "y" del riel, se encuentran como sigue:

Sea α el ángulo de superelevación, y supone que el riel está colocado verticalmente al durmiente. Entonces si β significa el ángulo que el plano de carga R forma con W, $\tan \beta = \frac{T}{W} = .09438$, y el ángulo formado por el plano de carga R con el eje principal "y" del riel es $\theta = \beta - \alpha$. Para un radio de 300 m. y una velocidad de 60 k.p.h. la superelevación es 11 cms., y la trocha está ensanchada hasta 1.682 m. El ancho de la cabeza del riel es, digamos, 7 cms. Por lo tanto:

$$\text{Sen } \alpha = \frac{11}{175} \qquad \tan\alpha = .06288, \text{ ó } \alpha = 3°35'54".$$

$$\beta = 5°23'30", \text{ por consiguiente } \theta = 1°47'36", \tan \theta = .03131.$$

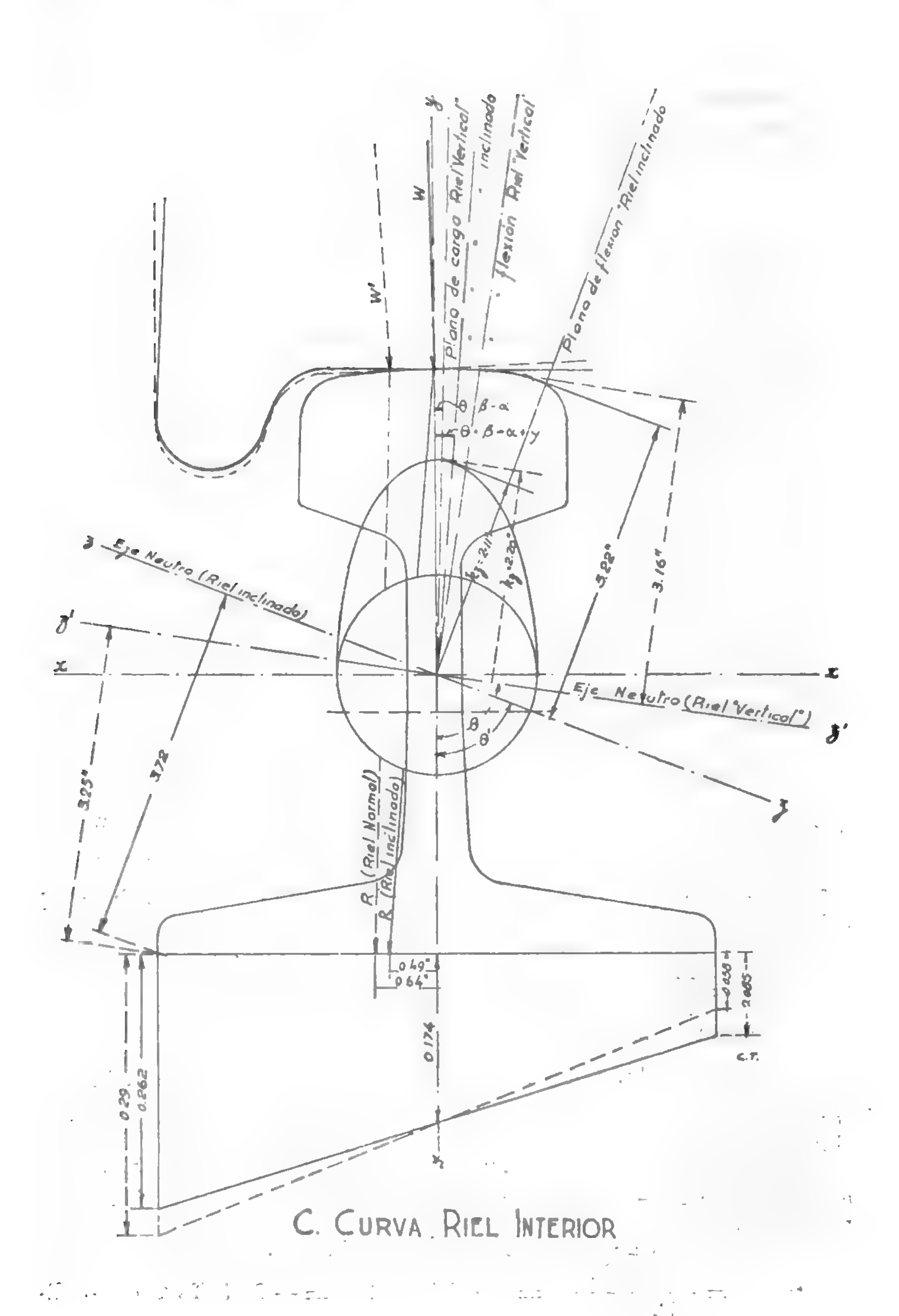
$$\text{De ahí, } \tan \theta = \frac{1.02^2}{2{,}21^2 \times .03131} = 6.804 \text{ o } \theta = 81°38'34",$$

como dibujado, el plano de carga R situado a la derecha del eje principal "y".

Si el riel está colocado inclinado y γ significa el ángulo de superelevación, $\theta = \beta - \alpha - \gamma$, $\tan \gamma = 0.05$ o $\gamma = 2°51'46"$, β y α tienen los mismos valores como antes, de ahí:

$$\theta = -1°40'10" \text{ y } \tan \theta = 0.01867.$$

$$\tan \theta' = \frac{1.02^2}{2.21^2 \times .01867} = 11.4116, \text{ o } \theta' = -84°58'29", \text{ como di-}$$



C. CURVA. RIEL INTERIOR

bujado, el signo menos indicando que el plano de carga R está a la izquierda del eje principal "y". Para este caso, k_z para el riel inclinado es $= 2.21"$, y para el riel vertical, $= 2.20"$, como indicado. Midiendo las distancias "y" tenemos: la tensión máxima de tracción en el riel inclinado es:

$$\left(1-\frac{3.12}{2.21^2}\times\frac{2.20^2}{3.27}\right)\times 100 = 5\%$$ *menor* que su valor para el riel vertical, y el esfuerzo unitario máximo de compresión en el riel inclinado es:

$$\left(1-\frac{3.14}{2.21^2}\times\frac{2.20^2}{3.15}\right)\times 100 = 1{,}2\%$$ *menor* que su valor para el riel vertical.

La diferencia en las tensiones es mucho más pequeña que para la vía recta, pero debe notarse que en este caso el riel inclinado está sometido a mayor esfuerzo que el riel vertical. Las presiones unitarias máxima y mínima, en los dos casos, están como se indica en el diagrama, del cual obtenemos el resultado siguiente: La presión máxima para el riel vertical es 16% mayor que para el riel inclinado. Este es de la misma naturaleza que el resultado obtenido en el caso de la vía recta.

Caso III. — Vía Curvada, Riel Interior

Los puntos de aplicación de W son los mismos que antes, W y W' combinados con $T = 0.094$ W dan la dirección de la fuerza resultante R (yR') sobre el riel, y su excentricidad a la base del riel.

θ para el riel inclinado $= \beta - \alpha + \gamma = 4°39'22"$ y $\tan\theta = .08145$.

Por lo tanto $\tan\theta = \dfrac{1.02^2}{2.21^2\times .08145} = 2.61531$, o $\theta = 69°04'30"$.

Para el riel vertical, $\theta = \beta - \alpha = 1°47'36"$, como para el riel exterior, y en este caso $\theta = 81°38'34"$, como antes.

El radio de giro k_z es $= 2.11"$ y $k_z' = 2.20"$.

Midiendo las varias distancias y desde el eje neutro a las fibras extremas en cada caso, tenemos:

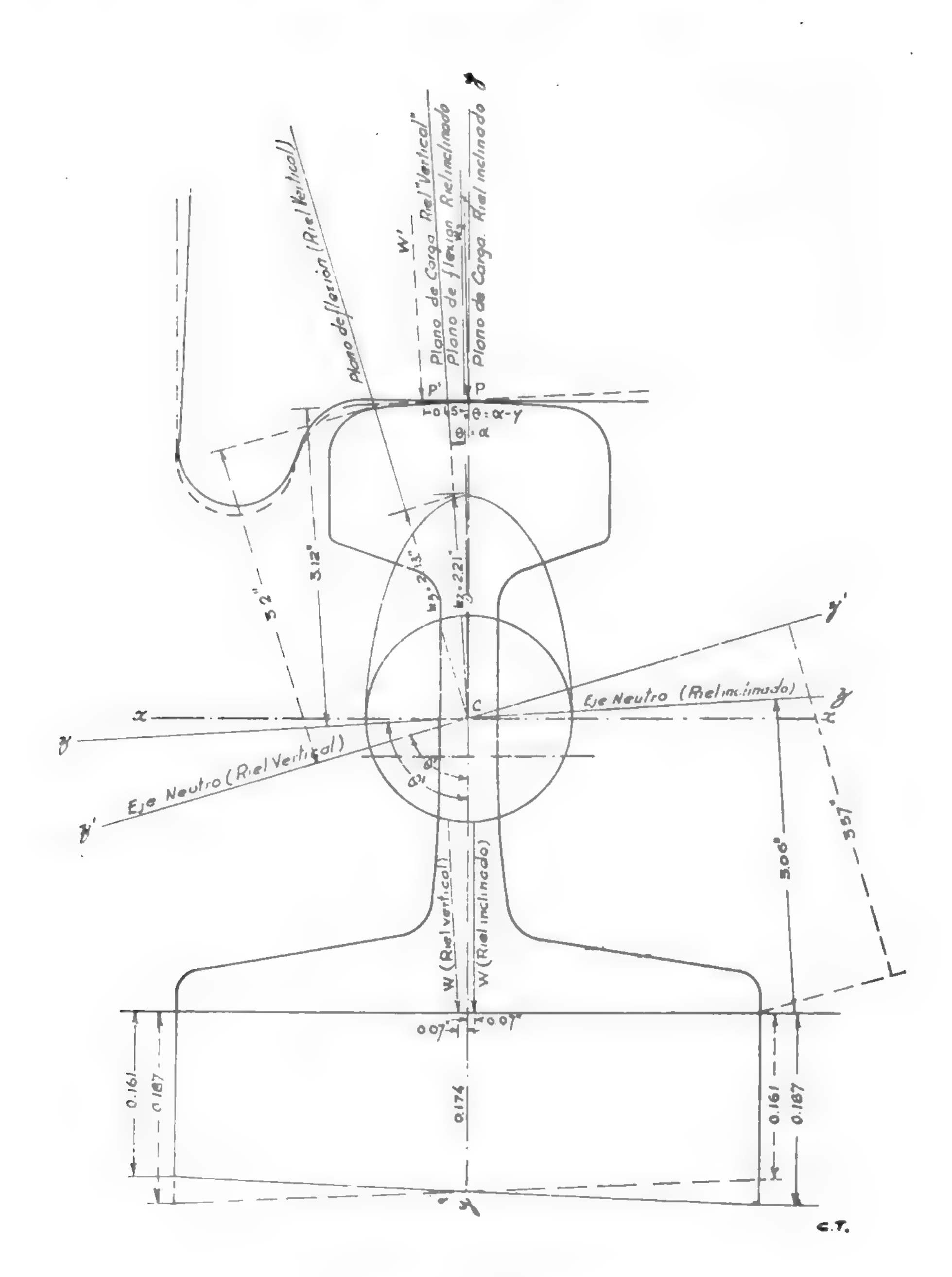
La tensión máxima de tracción en el riel inclinado es mayor que en el riel "vertical", es decir:

$$100\left(\frac{3.72}{2.11^2}\times\frac{2.20^2}{3.25}-1\right) = 13\%.$$

La tensión máxima de compresión en el riel inclinado es $=$

$$100\left(\frac{3.22}{2.11^2}\times\frac{2.20^2}{3.16}-1\right) = 10{,}1\%$$ mayor que en el riel vertical.

Las presiones máximas y mínimas pueden compararse como antes. Hay que notar que la excentricidad de R, para el riel inclinado, es unas cuatro veces mayor que la excentricidad en el riel *exterior*, y para el riel "vertical", la excentricidad es dos veces mayor. Hay, por lo tanto, una mayor variación en la presión entre los bordes interiores y exteriores de la base del riel, y la presión máxima en el riel interior es aproximadamente 27% mayor que en el riel exterior, cuando el riel es



D - CURVA . RIEL INTERIOR

VEHICULO EN REPOSO O EN MOVIMIENTO MUY LENTO

"vertical", y más o menos 34% mayor cuando el riel es inclinado. Esta deducción, naturalmente, supone que la carga por rueda sobre cada riel es la misma, es decir, que la superelevación es correcta para la velocidad. Si la superelevación es mayor que lo que la velocidad requiere, entonces el riel interior tomará una mayor proporción de la carga *por eje* que el riel exterior.

Asimismo, ninguna comparación de los esfuerzos en los rieles interior y exterior puede hacerse, a menos que el momento flector en cada riel tenga el mismo valor.

Caso IV. — Vía Curvada, Riel Interior. (Vehículo parado o moviéndose muy despacito)

En este caso, no hay ninguna fuerza centrífuga, de otro modo las condiciones serían las mismas que para el caso III.

Para el riel inclinado, el ángulo θ formado por el plano de carga con el eje "y" es igual a $\alpha - \gamma = 0°44'08"$, $\tan\theta = .01284$.

$$\therefore \tan\theta' = \frac{1.02^2}{2.21^2 \times .01284} = 16.59098 \text{ o } \theta' = 86°33'02"$$

Para el riel vertical, el ángulo α que el plano de carga forma con el eje "y" es igual a $3°35'54"$, $\tan\alpha = .06288$.

$$\therefore \tan\theta' = \frac{1.02^2}{2.21^2 \times .06288} = 3.38768, \text{ o } \theta' = 73°33'15"$$ como dibujado en el diagrama.

k_s para el riel inclinado es 2.21", y para el riel vertical 2.13".

Midiendo las distancias desde el eje neutro a las fibras extremas, en cada caso, tenemos:

El esfuerzo máximo en tensión en el riel inclinado es $=$

$$\left(1 - \frac{3.06}{2.21^2} \times \frac{2.13^2}{3.57}\right) 100,$$ digamos 18% menor que en el riel vertical.

El esfuerzo máximo en compresión en el riel inclinado es $=$

$$\left(1 - \frac{3.12}{2.21^2} \times \frac{2.13^2}{3.2}\right) 100 = 9\%$$ menor que su valor para el riel vertical.

Visto que la excentricidad de la carga W sobre la base del riel es igual (0,07"), en ambos casos, pero a manos opuestas del centro, las presiones máximas y mínimas tienen los mismos valores, pero en el riel inclinado, la presión máxima ocurre en el borde exterior, mientras que en el riel vertical, la presión máxima ocurre en el borde interior.

CONCLUSIONES

Los resultados mencionados arriba pueden expresarse en resumen y en términos generales, como sigue:

En vía recta, los rieles inclinados, de cualquier perfil dado, están sometidos a tensiones mayores, especialmente en tracción, que los rieles verticales del mismo perfil. Por otra parte, la presión máxima bajo la base del riel inclinado, es menor que la del riel vertical. Visto que

las tensiones son de más importancia práctica que las presiones, los rieles verticales tienen más ventaja.

En los rieles exteriores de la vía en curva, los rieles inclinados están sometidos a tensiones algo menores que los rieles colocados perpendicularmente a los durmientes, y dan una menor presión máxima bajo la base.

En los rieles interiores de la vía en curva, los rieles inclinados están sometidos a tensiones mayores que los rieles colocados perpendicularmente a los durmientes. Por otra parte, la presión máxima bajo la base de los rieles inclinados es algo menor que para los rieles colocados perpendicularmente a los durmientes.

La cuestión del desgaste de los rieles no se ha considerado en esta comparación de los rieles inclinados y verticales.

INFORME DEL RELATOR

El trabajo del Sr. R. A. Inglis estudia la distribución de tensiones por flexión en el riel y de presiones sobre el durmiente, para dos colocaciones típicas del riel: perpendicular al durmiente, o inclinado con el ángulo usual de tangente 1 en 20.

El autor ha aplicado las construcciones clásicas de Estática Gráfica para la resolución de los problemas de Elipse de inercia y núcleo central, flexión oblicua y flexión combinada con fuerza directa, utilizando dibujos a escala natural del riel Vignola "British Standard (R)" de 100 libras, y disponiendo los cálculos de modo que puedan aplicarse a cualquier valor del Momento flector y de la carga por unidad lineal.

Los resultados numéricos que se consignan indican que la colocación del riel normal al durmiente es más favorable que la inclinada desde el punto de vista de las tensiones por tracción, llegando en el caso de la vía recta a constatarse un aumento del 27 %; mientras que desde el punto de vista de las presiones contra el durmiente sucede lo contrario, aunque con un margen menor —16 %— en el caso más desfavorable.

Entiende el relator que este trabajo es un aporte interesante para el estudio de la colocación más conveniente del riel, por lo que recomienda su publicación en las Memorias del Congreso.

RESOLUCION DEL CONGRESO

Que este trabajo es un aporte interesante para el estudio de la colocación más conveniente del riel, por lo que acuerda su publicación en las Memorias del Congreso.

TEMA 3

PROCEDIMIENTO PARA ELABORAR HORMIGONES.

AUTOR: *ASOCIACION AMERICANA DE INGENIERIA FERROVIARIA.*

RELATOR: *Ingeniero ARTURO FERRER.*

14.

El trabajo «Procedimiento para elaborar hormigones» presentado por la Asociación Americana de Ingeniería Ferroviaria, sobre los estudios de un Comité de cuarenta y un miembros bajo la Presidencia del Ing. A. N. Laird, no se publica en las Memorias del Congreso, por haberlo sido ya en el Boletín 451 de la A.R.E.A. de Febrero de 1945, pudiendo solicitarse en 59 East Van Buren Street - Chicago, 5, Ill.

INFORME DEL RELATOR

Este trabajo se divide en dos partes, precedidas por una "Introducción" y completadas con un apéndice en que se anota una abundante reseña bibliográfica.

En la "Introducción" se resume todo el contenido de este informe.

Se explica que su objeto es dar métodos para dosificar hormigones, que puedan ser usados por un inspector con equipo simple en la obra, con la seguridad de obtener la resistencia y duración deseadas y con razonables uniformidad y economía.

Se recomienda muy especialmente que los ensayos a la compresión de los cilindros tipo sean hechos por un laboratorio aprobado para asegurarse de que se obtienen las resistencias deseadas.

Destaca el informe que no se pretende mostrarlo como resultado de un trabajo original de investigación hecha por el Comité, sino que ha de considerársele como una compilación de informaciones obtenidas en los trabajos publicados por numerosas autoridades.

Aclara asimismo que se parte de la base de que el lector posea por lo menos un conocimiento elemental de la teoría de la relación agua-cemento.

La Parte I del informe incluye:

a) Las definiciones de ciertos términos y expresiones, tales como se usan en él;

b) Una breve descripción de aquellos fundamentos considerados necesarios para comprender el problema; y

c) Dos métodos para determinar el dosaje adecuado, con la esencial diferencia entre ambos métodos de que uno de ellos es por aproximación; el primero utiliza experimentos prelimina-

res con los materiales, en tanto que el segundo se apoya en cálculos basados en datos obtenidos de experiencias anteriores con materiales similares.

Además y teniendo en cuenta que en obras pequeñas suele no justificarse la presencia de personal de supervisión y que en ellas pueda no considerarse económicamente aplicables los refinamientos de los métodos propuestos, se propone una serie de dosajes, ordenándolos en dos cuadros: en el Nº 5 por peso y en el Nº 6 por volumen.

La Parte II instruye sobre los métodos de ensayo de los agregados para aquellas características físicas de que se hace uso en la Parte I, y se da también una lista descriptiva del equipo necesario para hacer los ensayos. Se aclara que no se incluye lo referente a ensayos de la calidad de los materiales, porque en el informe se parte de la base de que los materiales suministrados al inspector se hallan de acuerdo con las especificaciones.

Termina la "Introducción" (Síntesis del Informe) recordando que para aquellos lectores que deseen explorar más a fondo el tema, se brinda en el apéndice una breve "Bibliografía".

El Relator opina que este informe constituye un aporte muy interesante y útil para ser difundido entre los sobrestantes, inspectores de obras, etc., permitiéndose por lo tanto sugerir que, traducido, se le recomiende para ser incorporado a los programas respectivos, completando, quizá, la bibliografía con la reseña de otros trabajos y publicaciones sobre el tema, que son populares en América Latina.

RESOLUCION DEL CONGRESO

1º Se considera conveniente cambiar el título del trabajo traducido por *«Mampostería»*, por el de *«Procedimiento para elaborar hormigones"*.

2º Como este trabajo constituye un aporte muy interesante y útil para ser difundido, se acuerda sea incluído en las Memorias del Congreso.

TEMA 3

OBRAS DE TIERRA, BALASTO Y ALCANTARILLADO.

Autor: *ASOCIACION DE INGENIERIA FERROVIARIA.*
Relator: *Ingeniero DANIEL G. MACCORMACK.*

17.

El trabajo «Obras de tierra, balasto y alcantarillado», presentado por la Asociación Americana de Ingeniería Ferroviaria, sobre el informe de un Comité de cuarenta y siete miembros bajo la Presidencia del Ingeniero F. W. Hillman, no se publica en las Memorias del Congreso, por haberlo sido ya en el Boletín 451 de la A.R.E.A. de febrero de 1945, pudiendo solicitarse a 59 East Van Buren Street. - Chicago, 5, III.

INFORME DEL RELATOR

Esta Comisión ha presentado informes sobre los siguientes aspectos del tema bajo estudio:

1) Propiedades físicas de las tierras:
   a) Plataforma. Capacidad de apoyo. Relación con el balasto. Cargas permisibles.

2) Alcantarillado:
   b) Especificaciones de capas y empedrado asfálticos de caños de hierro acanalado para alcantarillas (en colaboración con el comité nombrado para el estudio de Impermeabilización de Estructuras de Ferrocarriles).

3) Formación de la plataforma: Recientes obras de Trazado.

4) Drenaje de la plataforma: Prevalecimiento de prácticas recomendadas.

5) Protección de la Plataforma:
   a) Estabilización de la plataforma: informe sobre métodos utilizados.

6) Indicadores Preventivos: Especificaciones y planos para indicadores preventivos de obstrucciones superiores y laterales.

7) Estudiar el uso del balasto en levantes corridos para resolver el tipo y espesor correctos de levante.

8) Balastos especiales:
   a) Investigar el uso del asfalto en balasto.

Informe Nº 1: Propiedades físicas de las tierras

a) Plataforma. Capacidad de apoyo. Relación con el balasto. Cargas permisibles.

Sub-Comité de 7 miembros bajo la Presidencia del señor H. W. Legro.

Este Sub-Comité presenta a continuación su informe de progreso como una exposición preliminar sobre el alcance e importancia del tema bajo estudio:

La plataforma es el apoyo indispensable de las vías y tren rodante, y debe soportar cargas móviles muy en exceso de su propio peso muerto, aumentadas por los efectos de impacto y vibración con una profundidad de alrededor de 1 metro solamente siendo compuesta de tierras en condiciones casi naturales y con poca flexibilidad.

Esto tiene por resultado un movimiento continuo del suelo con el consiguiente ajuste de los miembros de la estructura de la vía, que obliga a los Ferrocarriles a mantener un plantel considerable de personal permanente empleado en restablecer las debidas condiciones de línea y nivel.

Importantes adelantos se han hecho en el diseño de la estructura de las vías para satisfacer los requerimientos de hoy en día que exigen el transporte de cargas cada vez mayores a mayor velocidad. Sin embargo es probable que aún los mayores refinamientos que se introdujeran en el diseño de los rieles y accesorios, durmientes y balasto no fueran del todo suficientes para las necesidades del futuro, por lo que las investigaciones sobre la capacidad de apoyo de la plataforma promete posibilidades de reducción del costo de mantener las vías en debidas condiciones.

Durante los últimos 20 años se ha reconocido la importancia de la naturaleza de la plataforma, aunque las mejoras introducidas han sido limitadas en vías existentes principalmente a mejoras del desagüe, mientras que las investigaciones sobre los efectos de las reacciones causadas por el tren rodante han sido dirigidas a la estructura, a la vía, y al balasto, consiguiéndose apreciables mejoras en estos aspectos.

Desde 1910 a 1920 el Comité de Plataforma estudió la cuestión de las Cargas Unitarias Permisibles para Materiales Diferentes, pero no se pudo llegar a conclusiones satisfactorias por falta de pruebas directas que demostraran la relación entre el tren rodante, la vía y la plataforma.

Desde 1920 la ciencia de la mecánica teórica de los suelos se ha desarrollado con rapidez. Los constructores de las nuevas represas, carreteras, pistas de aviación, y vías de ferrocarril, han aprovechado en sus obras los nuevos conocimientos en la materia, y han podido reducir la deformación del suelo bajo carga controlando el grado de humedad y por varios otros medios.

Estos métodos ofrecen un interés muy especial para los ferrocarriles ya que pueden ser aplicados para la estabilización de plataformas existentes sin alterar mayormente la estructura actual de la vía, mejorando apreciablemente el valor del apoyo con la consiguiente reducción en los gastos de mantenimiento.

a) Este comité no ha podido hacer recomendaciones definitivas sobre las cargas unitarias permisibles para plataformas, pero considera que por medio de investigaciones con pruebas experimentales basadas en los recientes avances en la aplicación de los conocimientos en materia de clasificación de los suelos y sus propiedades físicas podrá hallarse métodos satisfactorios para resolver las cargas unitarias permisibles, y además, los métodos que permitan aumentar económicamente la capacidad de carga de plataformas existentes.

Informe Nº 2: Especificaciones de revestimientos y zampeados asfálticos de caños de hierro acanalado para alcantarillas

En colaboración con el Comité nombrado para el estudio de Impermeabilización de Estructuras de Ferrocarriles.

Sub-Comité de 10 miembros bajo la presidencia del señor W. C. Swartout.

Este Sub-Comité, luego de cuidadosa investigación y estudio, ha preparado una especificación completa para capas bituminosas para revestimiento de caños galvanizados para alcantrillado, de caños de hierro acanalado para desagües subterráneos, y de caños y bóvedas de chapas acanaladas de hierro acerado, y para el zampeado de caños de hierro acanalado de uso en alcantarillas, desagües subterráneos y cloacas.

Dicha especificación consiste de 12 cláusulas dando descripciones completas de las pruebas exigidas y de los aparatos necesarios con diagramas y fotografías de estos mismos.

Informe Nº 3: Formación de la Plataforma. Recientes obras de trazado

Sub-Comité de 5 miembros bajo la presidencia del señor Paul Chipman.

Este Sub-Comité ha presentado informes anteriores (publicados en «Proceedings» de la «A.R.E.A.», Vol. 44, 1943, pág. 507-512, y Vol. 45, 1944, pág. 300-304) sobre 14 obras importantes de trazado nuevo llevadas a cabo en los años 1932 al 1943, y ahora presenta su informe final referente a 9 obras adicionales de la misma índole completadas en 1943 y 1944, involucrando en total un movimiento de tierra de unos 6 millones 500.000 m^3.

En todas estas obras se utilizaron equipos pesados para el arrastre de material el cual fué colocado en capas de diferentes espesores en todas menos una, y fué consolidado con cilindros de «pata de oveja» (Sheepsfoot) en 5 de las obras, lo que evidencia la tendencia de hoy en día al mayor cuidado en la construcción de terraplenes.

El informe prosigue dando breves descripciones de cada una de las nueve obras en cuestión, su ubicación, cantidad y clase del material colocado, método de colocación, y otros detalles de interés de algunas,

como ser: dimensiones de los terraplenes, ángulos adoptados para los taludes, etc. Además se acompañan tablas: una, dando información general de cada obra; otra, dando lista del equipo principal utilizado, y la tercera dando detalles del material empleado, forma de consolidación, y resultado obtenido, de lo cual es de interés destacar que no hubo asentamiento alguno en 4 de las obras, y sólo una insignificancia en dos más, mientras que de las tres restantes el material se asentó unos 30 centímetros, en otro diez centímetros donde atravesaba un arroyo seco, y en el último un 2% de la altura total. Las tablas 4 y 5 dan detalles de la preparación de los cimientos de los terraplenes y de la formación de la plataforma respectivamente.

Además, este informe se complementa con un breve resumen de lo acontecido en siete de las 14 obras de la misma índole efectuadas con anterioridad a 1943, y en las cuales no se ha notado asentamiento en cinco casos, aunque de éstos se experimentaron deslizamientos debidos a lluvias excesivas de menor cuantía en un caso y considerables en otros y también en cuanto a «ojos de barro» sólo ocurrieron en tres casos.

En conclusión, el Sub-Comité expresa que es evidente que la verdadera importancia de la buena construcción en los terraplenes está ahora generalmente reconocida, especialmente en los casos en que se prevé un tráfico pesado o de alta velocidad, y que ya es práctica corriente aplicar los métodos correspondientes al grado que demuestran las descripciones de las obras informadas. Mayor mejora aún en la práctica residiría en la selección con más cuidado en el material, o si esto como de costumbre no fuera factible, una investigación más prolija de las características del material antes de resolver sobre la anchura y pendiente de taludes a aplicar a los terraplenes y desmontes. Por otra parte, aun cuando habría interés en conocer más comparaciones de los resultados obtenidos con distintos tipos de trabajos de consolidación de terraplenes, dichas comparaciones no tendrían mayor valor en la práctica y no modificarían las conclusiones a que se ha llegado.

Informe Nº 4: Drenaje de la Plataforma. Prevalecimiento de prácticas recomendadas

Sub-Comité de 7 miembros bajo la Presidencia del señor Clifton Brannon.

Este Comité manifiesta que el estudio del drenaje de la plataforma que ha efectuado durante los últimos tres años no ha producido información que justifigue cambio alguno en las conclusiones a que se había llegado anteriormente ni en las prácticas recomendadas en el «Manual» de la «A.R.E.A.», pág. 1-43 y 1-63 párrafos 503-506 inclusive. Seguidamente da un resumen de los resultados del estudio detenido de las contestaciones recibidas a los cuestionarios detallados que fueron sometidos a los Ferrocarriles en los últimos 3 años, y termina expresando que la información recogida durante este período demuestra:

a) Comprensión de la importancia del drenaje de la plataforma, tanto superficial como subterráneo.

b) Aumento en el uso de equipos independientes de la vía para este fin.
c) Que se sigan las prácticas recomendadas con sólo las modificaciones que impongan las condiciones locales.
d) Que no es necesario recomendar ningún cambio en el «Manual» de la «A.R.E.A.».

Informe Nº 5: Protección de la plataforma. Estabilización. Relleno con lechada

Sub-Comité de 8 miembros bajo la Presidencia del señor G. W. Payne.

Este Sub-Comité, que tiene a estudio la cuestión de la estabilización de la plataforma de la vía por distintos métodos, presenta su informe de progreso sobre estabilización por medio del relleno con lechada, cuyo método había sido empleado hasta el mes de noviembre de 1944 por 21 Ferrocarriles de EE. UU. de A., habiéndose efectuado el tratamiento de estas clases de plataformas blandas o con «ojos de barro» en 19 Estados de la Unión y en una de las provincias de Canadá.

Una descripción completa del mayor proyecto emprendido hasta el fin de 1944, el del Ferrocarril de Santa Fe, fué publicado en «Railway Engineering and Maintenance», noviembre 1944, y «Engineering News-Record», agosto 1944.

Todas las obras han sido efectuadas en trechos de vía cuyo mantenimiento en debidas condiciones había sido dificultado hacía años, y en todos los casos se ha notado inmediata mejora. Generalmente no se precisa imponer órdenes de precaución a los trenes durante la ejecución de esta clase de obras.

Se emplean generalmente dos métodos para el relleno con lechada: uno, con equipo de aire comprimido, para lo cual, cualquier equipo de este tipo sirve perfectamente bien, pudiendo una cuadrilla compuesta de un capataz y cinco hombres, completar un promedio de unos 40 metros de tratamiento de plataforma por día; y el otro: con equipo hidráulico, cuyos últimos modelos han sido muy mejorados últimamente y dan resultados muy satisfactorios, pudiendo una cuadrilla compuesta de 1 capataz y 15 a 20 hombres completar hasta 1.200 metros de plataforma por día.

Actualmente existen criterios muy distintos sobre si la mezcla para la lechada de relleno debe ser débil o rica en cemento, aunque el objeto de ambos casos es el mismo, o sea: eliminar el agua dentro de la plataforma, rellenando con lechada que luego se endurece en mayor o menor grado según la calidad de la mezcla.

Luego de algunas consideraciones sobre las alternativas de distintos casos, mezclas, etc., este informe concluye estableciendo que en todo caso de plataformas blandas o con «ojos de barro» rellenadas con lechada se ha conseguido una mejora en las condiciones de las vías, especialmente en los extremos de puentes y en curvas. Restricciones permanentes de velocidad han podido eliminarse, y se han obtenido reducciones en los gastos de mantenimiento del 30% al 95%. Además se ha tratado con este método trechos de menor cuantía en estaciones, debajo

de cambios, y de juntas flojas individuales, al pie de terraplenes sobre terreno flojo, etc., y se espera para el futuro saber de muchos más trabajos de esta naturaleza que proporcionarán informaciones de alto valor para la continuación del estudio de este importante tema.

Informe Nº 6: Indicadores preventivos. Especificaciones y planos para indicadores preventivos de obstrucciones superiores y laterales

Sub-Comité de 6 miembros bajo la Presidencia del señor L. J. Drumeller.

Este Sub-Comité presenta especificaciones completas con planos detallados y dimensionados para indicadores preventivos de madera para obstrucciones superiores y también laterales para una y dos vías.

Se hace notar que en 1945 se incluyó en el «Manual» de la «A.R.E.A.», planos y especificaciones para indicadores preventivos metálicos de obstrucciones superiores y laterales para una, dos, tres, y cuatro vías, pág. 1-91 y 1-96 inclusive.

No se recomienda madera para las partes superiores de los indicadores para tres y cuatro vías porque el diseño resulta impráctico en este material por el largo del tramo, pero se pueden sustituir los postes verticales indicados en el plano de los indicadores para tres y cuatro vías con postes de madera de una escuadría aparente y debidamente enterrados en la tierra.

Informe Nº 7: Estudio del uso de balasto en levantes corridos para resolver el tipo y espesor correctos de levante

Sub-Comité de 6 miembros bajo la Presidencia del señor A. D. Kennedy.

Este Sub-Comité, al presentar su informe, aclara en primer término que por tipo correcto de balasto se interpreta como significando tamaño correcto con relación al tamaño máximo de los fragmentos, y que por espesor correcto se entiende espesor mínimo necesario para eliminar irregularidades en el nivel de las vías.

La primera operación en estos casos es establecer la cota de nivel a la superficie de la cabeza del riel. La fijación de esta cota con relación al espesor del levante depende del tipo y tamaño del balasto solamente en los casos en que sea necesario efectuar un levante mínimo.

Para el mejor resultado el levante mínimo deberá ser por lo menos de 5 centímetros, o el equivalente a por lo menos 1¼ centímetros (preferiblemente 2½ cmts.) más que el tamaño máximo del balasto, porque si el levante mínimo es menor que el tamaño máximo del balasto, será necesario reducir los fragmentos por medio de la pisonada a fin de forzarlos debajo de los durmientes; de otro modo a raíz de la ineficacia de la pisonada quedarán huecos debajo del área de apoyo del durmiente, lo que a su vez dará lugar al poco tiempo a faltas en la debida nivelación.

Generalmente en levantes corridos es de práctica efectuar el levante con el balasto existente entre los durmientes a menos que este

material sea demasiado sucio. También se utiliza este material para pisonar puntos aislados donde en la mayoría de los casos el levante es de menor cuantía, y por esta razón el tamaño máximo del balasto que se descarga para reponer el material utilizado de entre los durmientes, y para terminar después de efectuar el levante corrido, deberá ser de tamaño menor.

El tamaño máximo recomendado para este propósito no deberá ser mayor de 4 centímetros, y preferiblemente no menor de 2½ centímetros.

Informe Nº 8: Investigar el uso del asfalto en balasto

Sub-Comité de 6 miembros bajo la Presidencia del señor C. D. Turley.

Este Sub-Comité presenta su último informe sobre la prueba efectuada con balasto de piedra bañado en asfalto emulsionado colocado en la vía Nº 2 para trenes rápidos frente a la plataforma de la Estación Bryon, Ohio, del Ferrocarril Central de Nueva York, habiéndose proporcionado anteriormente informes anuales de las condiciones del trecho en prueba y el costo de su conservación desde su comienzo en 1939.

Los trenes de pasajeros que pasan por esta Estación dejan caer agua caliente a la vía que con el correr del tiempo separa el asfalto del balasto, por lo que en 1944 hubo que renovar el balasto en la parte del trecho afectado retirando el material al costado de los rieles hasta los extremos de los durmientes y entre durmientes reponiéndolo con balasto nuevo bañado en asfalto emulsionado debidamente apisonado debajo y alrededor de los durmientes. No se retiró el balasto del centro de la vía.

Será necesario, además, reparar con asfalto y arena las hendijas que se han formado a lo largo de los bordes de los durmientes, pero a excepción de estos trabajos no se ha precisado entrar en gastos ni de materiales ni de mano de obra para la conservación de este trecho de vía en prueba durante el año 1944, habiendo quedado en buenas condiciones de alineación y nivel con resultado satisfactorio hasta la fecha.

CONCLUSION:

Por la importancia de los problemas que se estudian en el presente trabajo, y el interés que tiene para todos los Ferrocarriles del Continente Americano, me permito aconsejar su publicación en las Memorias del Congreso.

RESOLUCION DEL CONGRESO

1º Se considera conveniente cambiar el título del trabajo traducido por «Plataforma y Balasto», por el de «Obras de Tierra, Balasto y Alcantarillado».

2º Por la importancia de los problemas que se estudian en el presente trabajo y el interés que tiene para todos los Ferrocarriles del Continente Americano, se acuerda su publicación en las Memorias del Congreso.

TEMA 3

VIA.

AUTOR: *ASOCIACION AMERICANA DE INGENIERIA FERROVIARIA.*

RELATOR: *Ingeniero DANIEL G. MACCORMACK.*

18.

El trabajo titulado «Vía», presentado por la Asociación Americana de Ingeniería Ferroviaria sobre el informe preparado por un Comité de sesenta y un miembros bajo la Presidencia del Ingº I. H. Schram, no se publica en las Memorias del Congreso por haberlo ya sido en el Boletín 451 de la A.R.E.A. de febrero de 1945, pudiendo adquirirse en 59 East Van Buren - Chicago, 5, III.

INFORME DEL RELATOR

Esta Comisión ha presentado informes sobre los siguientes aspectos del tema bajo estudio:

1) Accesorios de vía para uso con rieles soldados en largos continuos. Informe del progreso, presentado como información.

2) Planos y especificaciones para herramientas de vía, incluso su reparación y reacondicionamiento.

3) Diseños para agujas, corazones, cruzamientos y agujas de resorte y para tipo de cambio empalme doble. Informe del progreso, presentado como información.

4) La reparación con soldadura eléctrica de piezas especiales de fundición de acero manganeso, utilizadas en vías de mucho tránsito.

5) El grado de tensión de bulones de vía requeridos para el debido soporte de las juntas de rieles. Informe del progreso, presentado como información.

6) Recomendaciones en cuanto al número y posición en el riel, de anclas para contrarrestar la corrida de la vía cuando esto sucede bajo distintas condiciones. Informe del progreso, presentado como información.

7) Esfuerzos de resistencia desarrollados en chapas de asiento de durmientes. Informe del progreso, presentado como información.

Informe Nº 1: Accesorios de vía para uso con rieles soldados en largos continuos.

Sub-tema estudiado en colaboración con la Comisión Nº 4 a cargo del tema de estudio: «Riel».

Sub-Comisión de 17 miembros bajo la Presidencia del Ingº A. L. Bartlett.

Esta Sub-Comisión somete un informe del progreso de sus estudios, mencionando que en general se ha constatado que, aunque variable se-

gún condiciones locales, la manera de anclar la vía para contrarrestar movimiento de rieles, soldados en largos continuos, en EE. UU. ha sido razonablemente satisfactoria.

Se agrega, sin embargo, que un aspecto del asunto en estudio del que no se tiene información útil es el de la resistencia ofrecida por las chapas de asiento de los durmientes y de los clavos de vía correspondientes, contra la expansión o contracción de los rieles ocasionada por cambios de temperatura.

Por consiguiente se ha arreglado llevar a cabo experimentos en este sentido en New Haven, Connecticut, donde en el «New York-New Haven & Hartford Railroad» serán colocados en la vía dos largos de rieles continuos soldados a tope para formar largos de 1.200 pies, balastando adicionalmente la vía con balasto de piedra triturada. Un riel será asentado libremente sobre la chapa de asiento del durmiente, y el otro será debidamente clavado. Los dos rieles serán anclados en un extremo para soportar movimiento longitudinal, y el otro extremo será dejado libre.

Se registrarán observaciones cada 200 pies dentro de una variación de temperatura de 10° a más de 100°F. Luego los rieles serán anclados, colocándose anclas de distintas formas, y se tomarán nuevas observaciones.

Con esta serie de ensayos, la Sub-Comisión espera estar en condiciones de someter en 1946 un informe comprensivo y concluyente.

Informe Nº 2: Planos y especificaciones para herramientas de vía, incluso su reparación y reacondicionamiento.

Sub-Comisión de 14 miembros bajo la Presidencia del Ingº W. E. Cornell.

Se ofrece como información la recomendación sobre eliminación del Manual del tipo de martillo de vía de 14 y 16 lbs. de peso y la incorporación de un nuevo tipo de calibre de vía.

Prosigue el estudio de la Comisión.

Informe Nº 3: Diseños para agujas, corazones, cruzamientos, y agujas de resorte y para tipo de cambio empalme doble.

Sub-Comisión de 27 miembros bajo la Presidencia del Ingº E. W. Caruthers.

Se informa que se están haciendo ensayos con un nuevo tipo de corazón de acero manganeso, pero todavía no se puede someter nada concreto sobre su comportamiento en la vía.

También esta Sub-Comisión se encuentra estudiando los esfuerzos de resistencia desarrollados en un cruzamiento fabricado especialmente, de diferente diseño para cada una de las cuatro esquinas, el cual está actualmente funcionando en servicio. Luego se confeccionará un informe completo.

Informe Nº 4: Reparación de piezas de fundición de acero manganeso, componentes de piezas especiales de vía.

Estudiado en colaboración con la Comisión Nº 27, a cargo del tema: «Mantenimiento de Equipo de Vía y Obras».

Sub-Comisión de 24 miembros bajo la Presidencia del Ingº F. J. Bishop.

Este Comité ha sometido un informe sobre el progreso de sus estudios. El tema fué asignado para buscar una mejora en los métodos de reparación de material de vía de acero manganeso.

Las investigaciones se llevan a cabo con la colaboración del Chicago, Milwaukee, St. Paul & Pacific Railroad, Toledo Terminal Railroad, The American Manganeso y Divisiones Ramapa Ajax del American Brake-Shoe & Foundry Cº, The Pettibone Mulliken Cº, The Morden Frog & Crossing Works, Cleveland, Ohio, and The Association of American Railroads.

Las investigaciones en sitio se hacen con el personal de estudio científico de la A.A.R. bajo el control del Ingº G. M. Magce, secundado por el Ingº Randon Ferguson, Ingeniero Electricista, Ingº L. E. Grant, del Laboratorio del Milwaukee Railroad, y el señor J. Crossett, Metalúrgico.

El programa de investigación consiste en lo siguiente:

1) El efecto resultante de distintos amperajes y tamaños del electrodo.
2) El efecto resultante de diferentes tipos de electrodos.
3) » » de utilizar sopletes cortadores.
4) » » de soldar con penetración muy profunda.
5) » » de utilizar electrodos del tipo revestido.
6) » » de martillar el metal depositado durante la operación de soldar.

Se instalaron 24 piezas de fundición de manganeso especialmente diseñadas, en vías con tráfico pesado, del Milwaukee Railroad, cerca de Manheim, Illinois, en noviembre de 1939. También fueron instalados 9 corazones de manganeso en el Terminal Toledo en el año 1942, donde existe una densidad de tráfico de aproximadamente 40 millones de toneladas brutas por año. Ambas instalaciones fueron mantenidas bajo observación y reparadas cuando el estado de desgaste necesitaba tal medida.

Al tiempo de soldar se iban tomando datos, registrados por el oscilógrafo, de los amperajes y voltaje de las soldaduras propias de ambas instalaciones de prueba, para servir luego a los fines del estudio.

Perfiles y otros datos varios eran también simultáneamente obtenidas, y más tarde, también, a medida que se verificaba el desgaste.

El informe del Comité somete una amplia documentación de las observaciones y resultados de los ensayos, adjuntando a la vez fotografías típicas del desgaste de los distintos corazones en distintos períodos, como también información documentada procedente de laboratorio, como ser: micrografías de secciones del metal soldado, etc. Toda esta in-

formación cubre las pruebas tanto en el Milwaukee Railroad como en el Terminal Toledo.

Finalmente, la Comisión presenta el resultado de sus estudios a título informativo y sin hacer recomendaciones definitivas, empero somete a la vez ciertas conclusiones a modo de ensayo, a saber:

a) Se debe eliminar, por medio del esmerilado, todas las rajaduras o metal defectuoso de la pieza antes de aplicar la soldadura.

b) Para electrodos de $^{3}/_{16}$" de diámetro se recomienda una corriente mayor de 100 amperes, dando resultados satisfactorios 125 amperes para electrodos de níquel-manganeso y 150 amperes para electrodos de cobre molybdenum-manganeso.

c) El efecto de la composición del electrodo no fué claramente definido en las pruebas efectuadas en el sitio, aunque en el Terminal Toledo el resultado de electrodos de cobre molybdenum-manganeso fué algo superior al de los de níquel-manganeso.

   Investigaciones de laboratorio demostraron menos susceptibilidad al desarrollo de rajaduras y una mejor estructura metálica en la soldadura con electrodos de cobre molybdenum-manganeso.

d) La remoción del metal superficial que se haya endurecido en servicio, efectuada por el procedimiento de esmerilar antes de soldar, no produce una mejora positiva.

e) Los resultados obtenidos con los electrodos revistados no fueron concluyentes; algunas pruebas mostraron muy buenos resultados y otras no.

f) Se considera que el martilleo del metal depositado durante la operación de soldar demuestra ser definitivamente bueno y tiende a limitar el desarrollo de rajaduras en el metal depositado.

g) La soldadura aplicada sobre una superficie cortada a soplete, sin esmerilar, es una práctica detrimental para la estructura del metal.

   La operación de soldar sobre una superficie cortada a soplete, sin remover, mediante esmerilado, el metal afectado por el calor hasta una profundidad de ⅛" o más, no se recomienda.

Muchas piezas, en las pruebas del Milwaukee Railroad, fueron soldadas a temperaturas bajo cero y éstas dieron los mejores resultados, indicando que pueden conseguirse muy buenas soldaduras a bajas temperaturas.

Informe Nº 5. — El grado de tensión de bulones de vía requeridos para el debido soporte de las juntas de rieles

Informe del progreso, presentado como información.

Sub-Comisión de 14 miembros bajo la presidencia del Ing. C. W. Breed.

Este tema fué asignado a la Comisión de Vía en 1938 y pruebas extensas fueron inauguradas en ese entonces en los Ferrocarriles Milwau-

kee, Burlington, Río Grande, Pennsilvania y Erie con el fin de reunir los datos necesarios para formalizar conclusiones.

El trabajo realizado ha incluído estudios sobre: el grado y uniformidad de la tensión del bulón obtenida con las llaves de vía a mano o mecánica; el efecto del ajuste del hilo sobre la tensión del bulón, en la tuerca; la pérdida de tensión del bulón bajo tráfico y el desgaste correspondiente causado en las eclisas.

La Comisión cree que los resultados obtenidos en las pruebas en los distintos ferrocarriles han llegado a tal punto que pueden establecerse las siguientes conclusiones, las cuales se recomiendan para inclusión en el manual de la A. R. E. A.

1) El objeto de aplicar tensión a los bulones de vía es:

a) Ajustar las eclisas, apretándolas para poder salvar las irregularidades en las superficies de contacto, proveyendo así un debido asentamiento de las mismas.

b) Mantener las eclisas en su debida posición y que resistan los efectos de fricción en sentido vertical y horizontal mientras son sometidas al impacto del tráfico.

c) Mantener suficiente tensión de reserva para cubrir la pérdida paulatina causada en servicio entre períodos de reajuste de las juntas.

d) Proveer el soporte necesario de la junta sin indebidamente restringir el movimiento de las extremidades de los rieles causado por dilatación.

2) Se recomienda por lo tanto la siguiente práctica para cumcumplir con dichos requisitos:

a) La tensión aplicada debe ser de entre 20.000 y 30.000 lbs. por bulón para el apretamiento inicial, y desde 15.000 a 25.000 lbs. para apretamientos subsiguientes.

b) Los bulones de vía deben ser reajustados cuando necesario, preferentemente cuando hayan transcurrido de 1 a 3 meses de su aplicación, y luego a intervalos de un año.
Ajustes más frecuentes son innecesarios, mientras que si se practican a intervalos mas espaciados exigirá atención excesiva para graduar el ajuste de modo que alcance a un período mas largo.

c) Deberá emplearse lubricante resistente a la córrosión, en la rosca del bulón, antes de aplicar la tuerca, rebajando así la fricción en la rosca y manteniendo uniformidad de tensión en el bulón.

Informe Nº 6. — Recomendaciones en cuanto al número y posición en el riel, de anclas para contrarrestar la corrida de la vía cuando esto sucede bajo distintas condiciones

Sub-Comisión de 24 miembros bajo la presidencia del Ing. E. E. Martin.

Esta Comisión ha presentado su informe en carácter de dato informativo, con la recomendación que los estudios sean continuados.

El estudio realizado abarca 3 pruebas, comprendiendo tres trechos de 9 millas de vía, donde fué utilizado en cada milla un método distinto de anclar la vía.

En todas las instalaciones se empleó el ancla «Improved Fair», registrándose periódicamente observaciones del deslizamiento de los rieles, luces de las juntas y movimientos de los durmientes.

Dos de las pruebas en cuestión fueron efectuadas dentro del sistema del Chicago-Milwaukee-St. Paul & Pacific, e Illinois-Central, y la otra, del Illinois Central Railroad.

El informe presenta una serie de croquis indicando los distintos sistemas de anclar la vía con el «Improved Fair» como también diagramas y gráficas demostrando los movimientos habidos. Empero, en cada prueba los resultados obtenidos han sido muy variables y no cabe duda que se necesita mayor investigación de este asunto antes de poder hacer recomendaciones definitivas.

Informe Nº 7. — Esfuerzos de resistencia desarrollados en chapas de asiento de durmientes

Sub-Comisión de 10 miembros bajo la presidencia del Ing. A. E. Perlman.

Esta Sub-Comisión somete información sobre el progreso de las pruebas que se encuentran en mano, con varios diseños de chapas de asiento de durmiente con rieles de 112 y 131 lbs., con el fin de determinar: el efecto del diseño de la chapa de asiento sobre las tensiones desarrolladas en las mismas chapas y el riel; el grado de fricción alcanzado por las chapas bajo tráfico; y una idea del desgaste mecánico causado por las chapas en durmientes de madera dura y madera blanda sometidos en ambos casos a un procedimiento preservativo.

Fueron efectuados ensayos con varios diseños de chapa de asiento en los ferrocarriles Illinois Central, Sud, y Burlington. El informe dá una descripción detallada de cada diseño. Se tomaron datos iniciales para determinar el desgaste del durmiente y deformación de la chapa de asiento, por medio de calibres diseñados especialmente para este fin, registrándose luego observaciones periódicas: del calibre de la vía; de la sobre-elevación en curvas, en las juntas y en el medio del riel; y de la flecha del riel curvado.

Se notó durante las pruebas que en algunos casos las tensiones registradas alcanzaban cifras elevadas, considerablemente mayores que el límite de fluencia que corresponde a la calidad de acero de las chapas de asiento. Ninguna deformación permanente fué registrada luego del paso del tren rodante que causara las tensiones máximas. Se cree que el límite de fluencia del acero en las chapas de asiento fué ampliado por las aplicaciones repetidas de las altas tensiones registradas y por el endurecimiento del metal como resultado del paso de los trenes sobre las chapas de asiento antes de que fueran medidas las tensiones.

También fué notado que en vía recta las tensiones en la chapa de asiento eran mayores bajo el borde interior de la plancha del riel que debajo del borde exterior. En cambio, en vía en curva la tensión mayor se encontraba bajo el borde exterior.

CONCLUSION

Por la importancia de los problemas que se estudian en el presente trabajo, y el interés que tienen para todos los ferrocarriles del Continente Americano, me permito aconsejar su publicación en las Memorias del Congreso.

RESOLUCION DEL CONGRESO

Por la importancia de los problemas que se estudian en el presente trabajo y el interés que tiene para todos los ferrocarriles del Continente Americano, se acuerda su publicación en los Memorias del Congreso.

TEMA 3

EL RIEL Y SUS ACCESORIOS.

AUTOR: *ASOCIACION AMERICANA DE INGENIERIA FERROVIARIA.*
RELATOR: *Ingeniero DANIEL G. MACCORMACK.*

19.

El trabajo titulado «El Riel y sus Accesorios» presentado por la Asociación Americana de Ingeniería Ferroviaria en base a los informes de un Comité compuesto de cuarenta y nueve miembros bajo la Presidencia del Ingeniero W. H. Peufield, no se publica en las Memorias del Congreso, por haberlo sido ya en el Boletín 451 de la A.R.E.A. de febrero de 1945, pudiendo adquirirse en 59 East Van Buren Street - Chicago, 5, III.

INFORME DEL RELATOR

Esta Comisión ha presentado informes sobre los siguientes subtemas:

1) *Revisión del Manual de la A.R.E.A.* (sin informar).

2) A) *Undécimo informe del progreso de la investigación sobre fallas en rieles, incluyendo detalles de fabricación en cuanto afecta la calidad de rieles y su resistencia en servicio, con especial referencia a fisuras trasversales y demás defectos en la cabeza, alma y plancha del riel.*

B) *Especificación para el tratamiento termal de rieles sometidos a procedimientos de enfriamiento controlado, o «Brunorized».* Sin informar.

3) *Recopilación de estadísticas:*

a) *Sobre fallas de rieles, con especial referencia a roturas causadas por fisuras trasversales.*

b) *Para establecer una relación de costo y resultado de rieles sometidos durante su fabricación a los procedimientos de enfriamiento controlado, o «Brunorized», en cuanto afecta al desarrollo de fallas en los mismos, en comparación con rieles que no han recibido en fábrica dicho tratamiento.* Informe del progreso, presentado como dato ilustrativo.

4) *Causas y prevención del aplastamiento de la cabeza de los rieles en las juntas («batter») y método de reacondicionar las puntas de los rieles.* Sin informar.

5) *Valor económico de rieles de diferentes tamaños.* Sin informar.

6) *Soldadura de rieles en largos continuos.* En colaboración con la Comisión Nº 5 a cargo del tema «Vía». Informe del progreso, presentado como dato informativo.

7) *Pruebas de distintos tipos de eclisas, en servicio bajo tráfico.* Informe del progreso, presentado como dato informativo, conteniendo ciertas conclusiones sobre investigaciones previas.

8) *Investigación sobre roturas de eclisas bajo condiciones de servicio, y consideraciones para la revisión de diseños y especificaciones.* Informe del progreso, presentado como dato informativo.

9) *Rieles ondulados. Su causa y rectificación. Su efecto sobre el andar del tren y su relación con el costo del mantenimiento de vías y tren rodante.* Sin informar.

10) *Desarrollo y características de roturas de rieles debido a quemaduras causadas por locomotoras, e investigación del resultado de subsanar las quemaduras mediante el empleo de soldadura.* Sin informar.

11) *Investigación sobre las causas de manchas cascadas («shelly spots») en rieles, y del descascaramiento de superficies de las cabezas de los rieles, con el fin de desarrollar métodos para la prevención de estos defectos.* Informe del progreso, presentado como dato informativo.

12) *Investigación sobre recientes adelantos en diseño de rieles.* Informe del progreso, presentado como dato informativo.

SUB TEMA Nº 2. — A) *Undécimo informe del progreso de la investigación sobre fallas en rieles, incluyendo detalles de fabricación en cuanto afecta la calidad de rieles y su resistencia en servicio, con especial referencia a fisuras trasversales y demás defectos en la cabeza, alma y plancha del riel.*

Sub-Tema estudiado en colaboración con el Comité Técnico de los fabricantes de rieles en Estados Unidos.

Sub-Comisión compuesta de 9 miembros bajo la presidencia del Ingº W. H. Penfield.

Este informe se divide en dos partes:

a) Investigación en el laboratorio sobre rieles fabricados por el proceso de enfriamiento controlado y que han fallado en servicio.

Se examinaron 44 rieles que hubieron de retirarse de las vías por fallas ocurridas en el período de setiembre 1943 a setiembre 1944. Estas fallas se atribuyen a las siguientes causas:

Fisuras transversales causadas por porosidad del metal 14; Almas rajadas 11; Desarrollo de fracturas provocadas por manchas cascadas («shelly spots») 10; Fisuras transversales en rieles «Brunonized» (Método viejo) 3; Manchas cascadas solamente («shelly spots») 3; Desarrollo de fracturas originadas por quemaduras por ruedas motrices de locomotoras 2; Cabeza aplastada 1.

Llama la atención la proporción de fallas atribuídas a la porosidad del metal, y aunque varias teorías han sido presentadas para servir de explicación, tales como: sobrecalentamiento de los lingotes, fisuras secundarias de los lingotes, oxidación incompleta, humedad o basuras en los moldes, etc., prosiguen activamente las investigaciones en varias fábricas para comprobar la verdadera causa de este fenómeno.

La causa de las almas rajadas en varios casos se debe sin duda a golpes de marrón, agravados por el hecho de que las letras y números estampados en las almas provocan rajaduras microscópicamente iniciales que se extienden luego debido a los efectos del factor corrosión y fatiga del metal.

Un resultado notable del trabajo de investigación en el año 1944 fué el hecho de que no se encontró ningún riel de los que en su fabricación fueron sometidos al procedimiento de enfriamiento controlado, que hubiera fallado debido a fisuras trasversales causadas por un núcleo de grietas astilladas (shatter cracks). Esto indica que la adopción de enfriamiento controlado ha producido una mejora en los métodos de fabricación de rieles.

La Comisión recomienda a todos los Ferrocarriles afiliados a la A.R.E.A. el estudio y recopilación de estadística de rieles rotos para poder analizar las causas verdaderas de las fracturas y estudiar las posibles maneras de prevenirlas.

b) Ensayos efectuados en sitio sobre el aplastamiento («batter») de rieles endurecidos en sus extremos.

Estos ensayos se efectuaron en un trecho de vía experimental cerca de Carey, Ohio, en el Chesapeak & Ohio Railroad y fueron iniciados en el año 1939, habiendo sido tomados los últimos datos que motiva el informe producido, en mayo de 1944, después que había pasado un tráfico de 223 millones de toneladas. Se ha suministrado en un informe una estadística del grado de aplastamiento a determinados intervalos.

Tomando en cuenta el tráfico pesado a que fué sometido el techo de vía experimental en cuestión, el grado de aplastamiento ha resultado muy reducido, aunque en varios casos durante el período 1939 a 1944 ciertos rieles desarrollaron en sus extremos rajaduras lloronas, las cuales hicieron necesario reacondicionar las puntas de los rieles con soldaduras. Este defecto se presentó mayormente en rieles en que se había empleado enfriamiento al agua durante el proceso de endurecimiento.

Aparte del aplastamiento del riel, fué notado un descenso de la junta (droop) que aumentaba progresivamente con el tráfico. En cuanto al aplastamiento del riel en sí, había poca diferencia entre rieles que habían sido enfriados al agua o al aire. Agrega la Sub-Comisión que una dureza inicial Brinnell de 401 debe ser considerada el máximo a emplearse para evitar el desarrollo de las rajaduras lloronas de importancia bajo tráfico.

SUB-TEMA Nº 3.—*Recopilación de estadísticas:*

a) *Sobre fallas de rieles, con especial referencia a roturas causadas por fisuras trasversales.*

b) *Para establecer una relación de costo y resultado de rieles sometidos durante su fabricación a los procedimientos de enfriamiento controlado, o «Brunorized», en cuanto afecta el desarrollo de fallas en los mismos, en comparación con rieles que no han recibido en fábrica dicho tratamiento.*

Sub-Comisión compuesta de 3 miembros bajo la presidencia del Ingº W. C. Barnes.

Esta Sub-Comisión ha sometido un informe sobre el progreso de la investigación, como dato ilustrativo.

Debido al empleo cada vez en escala más grande de rieles fabricados por el sistema a horno de crisol abierto, a enfriamiento controlado, se presta atención especial a las fallas en rieles de esta categoría; y con respecto a los rieles de otros procesos de fabricación se recopila solamente los datos necesarios para continuar la estadística en existencia.

El informe es acompañado de tablas de estadística elocuentes y de 4 gráficas complementarias. Estas últimas ilustran los datos de las tablas e indican:

1) a) Número total de rieles encontrados rotos en servicio, por causa atribuída a fisuras trasversales, desde 1919 a 1943. En este año ocurrieron 7.795 casos de rieles rotos.
   b) Número total de rieles fisurados encontrados en la vía por medio del instrumento detector aunque no había evidencia visual. En 1943 ocurrieron 36.071 casos de esta naturaleza.
   c) Total de rieles defectuosos. Esta cifra para el año 1943 alcanza a 43.866.
2) Cantidad total de roturas y fallas por cualquier causa, en rieles con 5 años de servicio y por cada 100 millas de vía desde 1908 a 1936.
   Es notable la disminución de roturas desde que se puso mayormente en uso rieles de fabricación a enfriamiento controlado.
3) a) Gráfica indicando el rápido progreso hecho en el empleo de rieles sometidos al procedimiento a enfriamiento controlado. Desde 1933 a 1941 aumentó de 190 millas a 5.270 millas la extensión de vía en donde se emplearon estos rieles.
   Gráfica indicando el número de roturas y fallas localizadas en rieles a enfriamiento controlado, por cada 100 millas de vía, desde 1933 a 1942.
   b) Datos semejantes, para rieles fabricados por otros procedimientos.
   c) Roturas y fallas localizadas en rieles no sometidos a enfriamiento controlado, excluyendo empero defectos causados por fisuras trasversales.

Esta gráfica indica claramente que el uso de rieles que han sido sometidos a un procedimiento controlado ha disminuído el número de fallas no solamente con respecto a fisuras trasversales sino también a fallas por otras causas.

SUB-TEMA Nº 6.—*Soldadura de rieles en largos continuos.*

En colaboración con la Sub-Comisión Nº 5 a cargo del tema: «Vía».
Sub-Comisión compuesta de 19 miembros bajo la presidencia del Ingº I. H. Schram.

Esta Sub-Comisión ha presentado un último informe para indicar el progreso de la investigación, a título informativo. Se incluye un informe abreviado con una estadística de los distintos lugares donde han sido colocados en la vía rieles continuos.

Existe un total de 51 instalaciones donde el largo de los rieles varía de 585 pies a 34.056 pies, con un total de juntas soldadas de

19.120. De estas instalaciones, 21 se encuentran ubicadas en túneles y 30 en campo abierto. Los métodos empleados para la soldadura a tope de los rieles fueron de 6 tipos, a saber:

Fusión a gas (de dos tipos)
Thermit (tipo viejo)
» (» K)
Soldadura eléctrica a presión
Oxweld (gas a presión)

La Sub-Comisión somete una tabla de información sobre las fallas ocurridas hasta la fecha del informe. De ésta se desprende que han ocurrido fallas durante el año 1944 en 8 de las 51 instalaciones, donde se registraron en total 106 casos. Estas 8 instalaciones comprenden 1.779 juntas soldadas y desde la fecha de su colocación entre 1935 y 1938 hasta el presente ha habido un total de 270 fallas en servicio.

SUB-TEMA Nº 7.—*Pruebas de distintos tipos de eclisas, en servicio bajo tráfico.*

Sub-Comisión de 21 miembros bajo la presidencia del Ingº Rey McBrian.

El informe presentado por la Sub-Comisión indica el progreso de la investigación, a título informativo, y al mismo tiempo somete ciertas conclusiones basadas en las investigaciones previas.

Las observaciones fueron basadas en varios tipos de eclisas colocadas en el año 1937 en 9 trechos de vía de rieles de 112 lbs., de una milla cada uno, y en 12 trechos de rieles de 131 lbs., sección nueva, de ½ milla cada uno. En cada caso, los rieles, de un lado de la vía, tenían los extremos endurecidos. La investigación iniciada en el año 1937, continuó realizándose anualmente, por medio de estadística de mensuras tomadas en la siguiente forma:

a) Curvatura de la superficie del riel sobre las juntas. Esta condición fué medida sobre una extensión de 34½" en la superficie del riel.

b) Perfil de la superficie del riel. El perfil fué tomado sobre una distancia de 20" a cada lado de la junta, por medio de un instrumento apoyado sobre la plancha del riel. Las medidas fueron tomadas a cada pulgada de distancia. Este perfil de información con respecto al desgaste mecánico, deslizamiento de la superficie, aplastamiento, curvatura de las eclisas, y descenso de la junta (droop).

c) Distancia entre lados exteriores de las eclisas situadas en la junta. Esta estadística indica el desgaste progresivo de las eclisas. Las medidas fueron tomadas a cada extremo de la eclisa y en el centro, y también en sentido vertical, arriba y abajo, por cada eclisa. De esta manera se podría comprobar si las eclisas, al ser periódicamente apretadas para compensar el desgaste causado por el tráfico, entran más en el centro que en sus extremos.

d) Tensión de los bulones.

En las pruebas efectuadas, los bulones fueron apretados a mano en un caso, para obtener una tensión de 16.000 a 17.000 lbs. y en otro, una tensión de 14.800 lbs. En este último, fué comprobado que después de 11 meses bajo tráfico la tensión había bajado a 7.000 lbs.

El informe de la Sub-Comisión viene acompañado de una serie de estadísticas y diagramas muy completos que han permitido a la Sub-Comisión adoptar un sistema de clasificación de los 21 distintos tipos de eclisas que fueron sometidos a pruebas, basándose en su comportamiento bajo condiciones de tráfico, llegando a las siguientes conclusiones:

1) El uso de rieles con los extremos endurecidos da resultados en servicio muy superiores al de rieles sin este tratamiento, evitando en alto grado el aplastamiento del riel en las juntas de manera que cuando llega a ser necesario renovar las eclisas en estos tipos de rieles se obtiene en general una buena superficie de contacto, sin necesidad de recurrir a la soldadura, aunque posiblemente cierto esmerilado de la superficie del riel pueda ser conveninente.

2) El desgaste en la cabeza en un punto a unas 20" de su extremo, en rieles de 112 lbs., dió un promedio de 0,028" después de ser sometidos a un tráfico de 79 millones de toneladas brutas, y en el caso de rieles de 131 lbs., un desgaste de 0,034" con un tráfico de 108.600.000 toneladas. Esto indica que aunque están llevando un tráfico muy pesado e intenso estos rieles no tendrán que ser sacados de la vía por desgaste mecánico de las cabezas, por muchos años.

3) Los resultados obtenidos en las pruebas demuestran que una duración mayor de servicio es obtenida de las eclisas de 36" de largo que de las de 24", siendo estos los dos tamaños de esclisa utilizados en los ensayos.

4) Hasta la fecha no se ha notado diferencia apreciable en el comportamiento en servicio entre eclisas de apoyo controlado (controlled bearing) y las comunes de apoyo cumpleto (full-bearing) de diseño similar.

5) Las eclisas del tipo de cabeza libre (head free), al parecer da mejor resultado en servicio que las del tipo común, y se ha notado que la pérdida de tensión de los bulones en servicio resulta menor con este tipo que con los otros.

6) Aparentemente el largo del ángulo de la eclisa tiene poca influencia en el comportamiento de los distintos tipos; es decir la eclisa en el ángulo corto o sea sección aproximadamente simétrica, da casi idéntico resultado.

7) En el caso de rieles de 131 lbs., fué establecido que el tipo liviano de eclisas se compara favorablemente con el tipo pesado y los del standard de la A.R.E.A.

8) Los resultados de las pruebas con eclisas del tipo especial Evertite en el Pennsylvania Railroad fueron muy poco satisfactorios, habiendo tenido que ser sacadas las eclisas por tal motivo en el año 1941. Los dos bulones centrales mostraban una tendencia a aflojarse antes del tiempo de ajuste anual, y donde éstos eran empleados con rieles que no tenían los extremos endurecidos existía un mayor grado de aplastamiento de la cabeza del riel.

SUB-TEMA Nº 8.—*Investigación sobre roturas de eclisas bajo condiciones de servicio, y consideraciones para la revisión de diseños y especificaciones.*

Sub-Comisión compuesta de 21 miembros bajo la presidencia del Ingº Rey McBrian.

Esta Sub-Comisión somete su informe sobre el progreso de la investigación a título informativo.

Los informes anteriores sobre este tema incluyen datos recogidos por medio de un cuestionario con respecto al número de eclisas rotas; datos sobre pruebas para determinar la resistencia del material a la fatiga; información de estudios de modelos de eclisas por medio del sistema foto-elástico; mensura en sitio de las eclisas y distintos tipos de fabricación, pruebas de fatiga de juntas armadas en la fábrica de la Compañía Colorado Fuel & Iron y ensayos efectuados sobre juntas armadas por una máquina especial que produce los efectos de cargas móviles, en la Universidad de Illinois.

En las pruebas previas se había encontrado que altas tensiones debido a superficies desiguales de contacto, variaciones de tensión de los bulones, etc., causaban machucamiento de las superficies de las eclisas, dando como consecuencia una reducción de resistencia a la fatiga. Para investigar la posibilidad de aminorar estos defectos perjudiciales, se hicieron pruebas con rieles cortados en caliente y en frío, a los cuales se aplicaron eclisas con rebajas en la parte céntrica para evitar el efecto del machucamiento («gouging & galling»). También en los extremos de los rieles se hicieron chanfles de cabeza de ⅛".

El informe viene acompañado de varios diagramas gráficos y fotografías de los resultados, empero la Sub-Comisión no se encuentra en condición de someter conclusiones debido al número limitado de juntas examinadas. Sin embargo, publican las siguientes observaciones:

1) La distorsión de las superficies de contacto causada por cortar los rieles en caliente, reduce la resistencia de las eclisas a la fatiga.

2) Al parecer, el efecto del rebaje de las eclisas resulta beneficioso.

3) El chanfle cortado en el extremo del riel no produjo resultado alguno.

4) Fué comprobado que las eclisas de acero de alta dureza daban los mejores resultados.

SUB-TEMA Nº 11.—*Investigación sobre las causas de manchas cascadas («shelly spots») en rieles, y del descascaramiento de superficies de las cabezas de los rieles; con el fin de desarrollar métodos para la prevención de estos defectos.*

Sub-Comisión compuesta de 21 miembros bajo la presidencia Ingº F. S. Hewes.

Esta Sub-Comisión somete su informe sobre el progreso de las investigaciones con la recomendación de que los estudios sean continuados.

La organización de la investigación fué dividida en tres grupos, a saber:

Grupo Nº 1: A cargo directo de la Sub-Comisión para investigar:

a) Estadística química de fábrica de los rieles en cuestión.
b) Estadística de las elevaciones, velocidades y pendientes de las curvas de los ferrocarriles afectados donde se producen los defectos señalados.
c) Efecto de equipos lubricadores de rieles.
d) Trasposición de rieles en curvas.
e) Endurecimiento de los rieles en frío causado por tráfico.
f) Pruebas en servicio, de rieles especiales.
g) Estudio de la experiencia de los distintos ferrocarriles donde se han producido los defectos en cuestión en sus vías.

Grupo Nº 2: A cargo de la investigación científica de la División de Ingeniería, para estudiar:

a) Llantas de ruedas.
b) Radio entre la pestaña y llanta de la rueda.
c) Relación entre el desgaste del riel y la rueda.
d) Presión de contacto de la rueda sobre el riel.
e) Inclinación del riel sobre el durmiente.
f) Sobre-elevación de rieles en curvas.

Grupo Nº 3: A cargo del personal de la Universidad de Illinois, para estudiar:

a) Fracturas de rieles bajo servicio causadas por los defectos apuntados.
b) Pruebas por el aparato que produce el efecto de cargas móviles para así provocar los mismos defectos bajo condiciones de laboratorio.
c) Resistencia de varias clases de acero contra el desarrollo de esos defectos en las pruebas de laboratorio.
d) Resistencia al desarrollo de estos defectos, de rieles sometidos a varios tratamientos de recalentamiento.

El informe sometido por la Sub-Comisión contiene en detalle los resultados de las investigaciones a cargo de los tres grupos mencionados, de los cuales el siguiente es un resumen:

Grupo Nº 1: Aunque se ha hecho progreso considerable en la investigación en sitio, y se han recogido cuantiosos datos respecto a los distintos trechos de vía bajo observación y prueba, no se ha podido llegar a conclusiones. Empero, es muy evidente que los defectos en estudio son de un carácter serio y su desarrollo y aparición ha sido en escala mayor de lo que se pensaba en principio.

Se destaca que la trasposición en las curvas del riel alto en que se han desarrollado estos defectos, con el riel bajo, si es efectuada a tiempo, es ventajosa.

Grupo Nº 2: Este informe trata de la influencia del diseño del perfil de la cabeza del riel con respecto a la pestaña de la rueda normalmente gastada, sobre los esfuerzos inducidos en el riel. Las investigaciones practicadas tienden a sugerir la conveniencia de adoptar un perfil de cabeza de riel más redondeado que el de los rieles standard

en uso ahora, pues aparentemente esta modificación tiende a retardar la formación de manchas cascadas por localización de la presión en el canto del riel. Prosigue el estudio.

Grupo Nº 3: El informe de este Grupo viene acompañado de varias tablas de estadística y fotografías de efectos de rieles fracturados a causa del defecto denominado manchas cascadas («shelly spots»), todas ellas de mucho interés y valor. Se acompaña también una fotografía del aparato utilizado para reproducir los efectos de cargas móviles en el laboratorio.

Los rieles empleados en la prueba con dicho aparato fueron cepillados para formar una cabeza de solamente 1" de ancho para así asegurar que la presión de la rueda sea pareja y conseguir suficiente concentrción de carga para desarrollar descascaramiento de la superficie del riel dentro de un número razonable de ciclos de aplicación de carga aproximadamente unos 500.000 ciclos, con una carga de rueda de 50.000 lbs. Se efectuaron pruebas con 29 muestras de rieles de una dureza Brinnel de 234 a 375. En todas las pruebas se notó que los rieles más duros resisten mejor la tendencia a descascararse.

Se comprobó que el riel de composición 3% Cromio con una dureza Brinnel de 375 daba mejor resultado, aguantando hasta 2.578.000 ciclos antes que aparecieran los primeros indicios de descascaramiento. Se ha sugerido la posible conveniencia de mejorar la calidad del riel empleando un acero de mayor aleación sin tratamiento especial, o por el contrario un riel con baja aleación pero sometido a tratamiento de recalentamiento. No obstante, mucho depende del factor económico, y esta fase del asunto se encuentra en estudio en las distintas fábricas de rieles.

SUB-TEMA Nº 12.—*Investigación sobre recientes adelantos en diseño de rieles.*

Sub-Comisión de 16 miembros bajo la presidencia del Ingº C. B. Bronson.

Esta sub-Comisión presenta, a título de información, un informe parcial del progreso de las investigaciones que se encuentran todavía en mano.

El trabajo de la investigación consistió en tres partes:

1) Determinar por análisis de mensuras y otros datos tomados en el sitio de los trechos de vía bajo investigación, los límites de variación y ciclos de frecuencia de los esfuerzos causados por el tráfico, en las almas de rieles de 112 lbs. y 131 lbs.

2) Determinar hasta qué punto se puede rebajar los límites de variación de los esfuerzos causados en el alma del riel por modificaciones al diseño de éste o a otros elementos de la sección del riel.

3) Determinar por medio de la investigación en el laboratorio la resistencia a la fatiga del acero en el alma del riel, tomando en cuenta: el efecto de las escamas, de las letras de identificación del riel, corrosión, etc., con referencia especial a los límites de variación de esfuerzo determinados por las pruebas en sitio.

Los informes sometidos por la Sub-Comisión en cuanto al resul-

tado de sus investigaciones son muy extensos, bien documentados con tablas de estadística, gráfica, dibujos, fotografías, etc., y dan una amplia descripción de los ensayos realizados y de los equipos científicos utilizados.

Dada la extensión y amplitud del informe, sólo es posible extractar un corto resumen con algunas indicaciones de la labor efectuada y resultados obtenidos, condensado en lo siguiente:

A) Determinación de esfuerzos estáticos en 5 rieles de prueba en vía recta bajo condiciones de carga controlada.

Los rieles seleccionados para este ensayo eran comunes de 112 y 131 lbs., conjuntamente con algunas secciones especiales de 11" de largo con almas extra gruesas. Estas secciones especiales fueron soldadas a los rieles comunes de 112 lbs. para obtener rieles compuestos de 39" de largo. Los rieles fueron colocados sobre durmientes especiales para conseguir un asentamiento lo más parejo posible, ubicándose los rieles comunes en un lado de la trocha y los especiales en el opuesto. En un punto en el riel común, 8 durmientes fueron dotados de chapas de asiento especiales con rodillos, para medir los esfuerzos laterales. El calibre de la vía fué rebajado a 4'8-$^{7}/_{32}$", mientras que el calibre de las ruedas de los vagones empleados en las pruebas fué ensanchado para que las pestañas pudieran apretarse contra el riel para introducir una carga lateral combinada con la carga vertical. Las mensuras de las tensiones fueron tomadas con medidores eléctricos de extensión.

Las pruebas efectuadas, resultados de las cuales fueron extensamente discutidos, dan lugar a las siguientes conclusiones:

1) Cargas excéntricas en la rueda sobre la cabeza del riel causan una localización concentrada de tensión en la parte superior del alma del riel y en los filetes superiores. Las cargas laterales aparentemente tienen poca influencia en relación a esta concentración de tensión, y tampoco fué notada variación de estas tensiones entre durmientes o encima del durmiente.

2) La tensión localizada en el alma del riel inmediatamente debajo del filete superior está en relación directa con la carga, la excentricidad y el espesor del alma.

3) Las tensiones localizadas en los filetes superiores, aunque también en relación con la carga y la excentricidad de ésta, son más afectadas por el largo del radio del filete que por el espesor del alma. Por ejemplo, la tensión en el filete superior de un riel de 115 lbs. con un radio de $^{3}/_{8}$" es 25% mayor que con un filete de $^{11}/_{16}$" de radio.

4) Las tensiones medidas en el eje central del alma son relativamente de moderada cuantía.

5) Altas tensiones localizadas fueron registradas en la parte inferior del alma y en los filetes inferiores encima de las chapas de asiento, causadas por la carga lateral en combinación con la carga vertical. Estas tensiones fueron poco afectadas por la excentricidad de la carga vertical.

6) Altos esfuerzos de tracción fueron registrados en sentido longitudinal sobre el borde superior de la plancha del riel lado afuera en la región de la chapa de asiento. Estos fueron desarrollados por las cargas laterales en combinación con la carga de rueda vertical.

7) Es de notar que algunos de los rieles de sección liviana en servicio tienen filete con un radio de ¼" y se considera que esto podría inducir tensiones localizadas muy severas en los filetes mencionados.

B) Mensura de tensiones en rieles en vía recta y en curva bajo condiciones normales de servicio.

Esta prueba fué establecida en un trecho de vía de rieles de 112 lbs. con una pendiente de 1,23% y un trecho de vía en curva de 3o47min. con una sobre-elevación de 5½" correspondiente a una velocidad de 46 millas por hora. Las deformaciones fueron registradas por un medidor tipo eléctrico que es ampliamente descrito en el informe de la Sub-Comisión.

También se acompaña a esta parte del informe una amplia documentación de las pruebas, con tablas de estadística de las tensiones registradas, dibujos, fotografías, etc.; y luego de un análisis de los resultados obtenidos la Sub-Comisión llega a las siguientes conclusiones generales:

Se confirman los resultados y conclusiones obtenidos en las pruebas efectuadas para determinar las tensiones estáticas causadas por las cargas y se amplían estas conclusiones en la siguiente forma:

1) En vía recta se encuentra que a veces se desarrollan tensiones altas de compresión en la parte superior del alma del riel lado del calibre, mientras que estas tensiones en el lado opuesto del alma son bajas. Este fenómeno se debe a la carga excéntrica causada por las variaciones de calibre que normalmente se producen en una vía en servicio, y a diferencias de calibre de las ruedas.

2) En el caso de vía en curva estas tensiones resultaron considerablemente mayores y sucedieron con más frecuencia. Se confirma que los rieles especiales con almas extra-gruesas y filetes de radio mayor que el común tienden a disminuir las tensiones causadas bajo tráfico.

3) Fué comprobado que el riel no solamente recibe cargas excéntricas de las ruedas de vehículos, sino también cargas excéntricas procedentes de las chapas de asiento, lo que induce una localización de tensión en la parte inferior del alma y las planchas del riel.

Estas condiciones son mucho más serias en vía en curva, especialmente donde las chapas de asiento son de una forma acoronada. En el caso de una curva de 4º tensiones de compresión de unas 85.000 lbs. por pulgada cuadrada fueron registradas en el filete inferior lado afuera del riel.

Esta parte del informe termina diciendo que es necesario continuar la investigación y obtener una correlación

con la resistencia del acero a la fatiga, determinada por pruebas de laboratorio, antes de estar en condiciones de hacer recomendaciones definitivas para mejorar el diseño del riel.

C) Esfuerzos cortantes en el riel.

Esta última parte del informe consiste de una investigación experimental y analítica para determinar la distribución de los esfuerzos cortantes en la sección del riel causados por cargas aplicadas, tanto centrales como excéntricos, y llega a las siguientes conclusiones:

1) Es posible en una sección de riel bajo condiciones normales de servicio separar y medir los diversos esfuerzos desarrollados en la misma, por medio de un sistema de medidores de extensión a 45°.
2) El esfuerzo cortante máximo registrado en un riel de 131 lbs. bajo una carga estática de 40.000 lbs., resultó menor de 10.000 por pulgada cuadrada.
3) Los esfuerzos máximos cortantes torsionales fueron encontrados en el alma y filete superior del riel. Estos fueron mayores que los esfuerzos cortantes de flexión ocurridos en el eje neutral del riel.
4) Los esfuerzos máximos cortantes torsionales ocurrieron solamente bajo cargas excéntricas.
5) La torsión aplicada al riel por carga excéntrica de una rueda es resistido casi enteramente por la cabeza y la parte superior del alma del riel.
6) Los esfuerzos cortantes de flexión no son afectados por cargas excéntricas de las ruedas.

D) En forma de anexo al informe de la Sub-Comisión se han sometido cortos informes de considerable interés sobre el progreso de una investigación acerca de fallas del alma de rieles, a cargo de la Universidad de Illinois, y acompañados de una serie de fotografías de ejemplos elocuentes.

Este asunto sigue todavía en estudio.

CONCLUSION

Por la importancia de los problemas que se estudian en el presente trabajo, y el interés que tienen para todos los Ferrocarriles del Continente Americano, me permito aconsejar su publicación en las Memorias del Congreso.

RESOLUCION DEL CONGRESO

1º: Se considera conveniente cambiar el título del trabajo traducido por *«Carril»*, por el de *«El Riel y sus Accesorios»*.

2º: Por la gran importancia de los problemas que se estudian en el presente trabajo y el sumo interés que tienen para todos los Ferrocarriles del Continente Americano, se acuerda su publicación en las Memorias del Congreso.

TEMA 3

COMPENSACION POR CURVATURA EN LAS GRADIENTES.

AUTOR: *Ingeniero CARLOS VIGNOLO MURPHY.*
RELATOR: *Ingeniero PONCIANO S. TORRADO.*

88.

La reciente introducción en la práctica ferroviaria de la lubricación del riel exterior en las curvas, debe lógicamente, modificar el resultado de los cálculos que se hagan en el estudio de futuras líneas férreas, para la compensación o reducción de las gradientes en los tramos de línea en curva.

La lubricación del riel exterior en las curvas es un procedimiento que ya está establecido en los ferrocarriles que tienen secciones con fuerte curvatura, pues las ventajas de su adopción son indiscutibles: menor desgaste en los rieles de las curvas, en las pestañas de las ruedas del material rodante y menor gasto de conservación de las curvas de la vía permanente. Es también lógico suponer que si hay menor desgaste en los rieles de las curvas y en las pestañas de las ruedas, habrá una menor resistencia a la tracción, la cual se traduce en menor consumo de combustible en la locomotora.

En los Ferrocarriles del Continente Americano, y especialmente en los de Sud América, hay secciones de línea férrea con gradientes altas que contienen numerosas curvas de fuerte curvatura y es probable que se construyan muchos otros ferrocarriles con iguales características, especialmente en los países por donde se yergue la Cordillera de los Andes. Es indudable que en estas nuevas líneas la lubricación automática del riel sea empleada, por lo menos, en las secciones de la línea en las cuales, por la naturaleza escabrosa del terreno, se debe adoptar gradientes que se aproximan o son iguales a la gradiente gobernante del trazo.

Por esta razón y para obtener la ventaja que nos brinda la lubricación, en la disminución de la resistencia debido a la curvatura, es de interés conocer la compensación que se debe adoptar en las gradientes en curva, tomando en cuenta que estas serán lubricadas durante la explotación de la línea.

Como la compensación que se adopta es igual a la resistencia que ofrece la curva, citaremos más adelante las diferentes ecuaciones que se emplean en el cálculo de ésta. Sabemos que estas ecuaciones no pueden dar resultados exactos, debido a los diferentes factores que intervienen en la resistencia que ofrecen las curvas al movimiento del tren; factores que a su vez son difíciles de determinar con exactitud. En la mayoría de las ecuaciones, el cálculo de la resistencia está basado en el grado de curvatura, pero sabemos que esta hipótesis no es estricta-

mente exacta, pues por experimentos se ha encontrado que la resistencia es *proporcionalmente* mayor en las curvas suaves que en las agudas (mayor por grado de curvatura).

Las experiencias también indican que la resistencia de la curva depende del tipo y flexibilidad de material rodante y de la velocidad del tren, siendo mayor cuando es recorrido por trenes lentos que a gran velocidad.

Otros factores que intervienen en la resistencia de las curvas, son su longitud y las del tren que las recorre. También la longitud de la base rígida de ruedas, la rigidez de la construcción de la vía permanente y su buen estado de conservación. Además, bajo condiciones de igualdad en otro respecto, depende de la trocha, disminuyendo con el ancho de ella.

Como es conocido, la resistencia total de la curva, está formada por tres causas principales:

1. Fijeza de las ruedas sobre los ejes.
2. Paralelismo de los ejes.
3. Fuerza centrífuga.

Con la lubricación de la cara interior del riel exterior de la curva, estas fuerzas de rozamiento pueden ser disminuídas, por cuanto la presión que ellas causan entre las pestañas de las ruedas y el carril, se efectúa a través de una película de grasa lubricante.

Teóricamente, si la curva tiene el debido peralte del riel exterior, la tercera fuerza de rozamiento no debería existir, pero como la sobreelevación se calcula para determinada velocidad y los trenes corren a diferentes velocidades, por las mismas curvas, las pestañas de las ruedas que viajan sobre el carril exterior presionan contra éste en cierto grado. Esta presión se produce también por la oscilación de las ruedas entre los dos rieles. Las ecuaciones más conocidas para deducir la resistencia total de la curva que juntan e incluyen todos o parte de los factores arriba mencionados, son las siguientes:

1.—Para material rodante de fabricación norteamericana:

Después de numerosas pruebas en el Ferrocarril de Pennsylvania, de trocha de 1,435 m., se demostró que podía emplearse como término medio de resistencia de curva: *0,8* de lb. por tonelada (2000 lbs.) por grado de curva. La ecuación [1] que se indica a continuación, equivale a esta cifra pero en términos de Kgs. por tonelada métrica y grado de curva métrica.

Trocha = 1,435 m.:

$$r_c = 0{,}6\ G \qquad [1]$$

Trocha = 0,914 m.:

$$r_c = 0{,}4\ G \qquad [1a]$$

en la que:

r_c = resist. en kgs. por tonelada de tren.
G = grado de curva métrica.

Estas dos ecuaciones se pueden expresar en forma general, en función del radio y del entre-riel, por la siguiente fórmula:

$$r_c = \frac{460}{R} \times t \qquad [2]$$

en la que:

r_c = resistencia en kgs. por tonelada de tren.
R = radio de la curva, en metros.
t = trocha o entre-riel, en metros.

2.—Para material de fabricación europea, según experimentos llevados a cabo en Francia:

$$r_c = \frac{500}{R} \times t \quad \ldots\ldots \quad [3]$$

3.—Para material rodante de fabricación alemana:

Trocha = 1,435 m.

$$r_c = \frac{600}{R-50} \quad \ldots\ldots \quad [4]$$

Trocha = 1,000 m.

$$r_c = \frac{475}{R-20} \quad \ldots\ldots \quad [4a]$$

4.—En España se emplean las siguientes ecuaciones:

Trocha = 1,435 m.

Para $R \geqq 300$ m.:

$$r_c = \frac{650}{R-60} \quad \ldots\ldots \quad [5]$$

Para $R < 300$ m.:

$$r_c = \frac{500}{R-30} \quad \ldots\ldots \quad [5a]$$

Trocha = 1,000 m.

$$r_c = \frac{400}{R-20} \quad \ldots\ldots \quad [5b]$$

5.—En las ecuaciones Boedecker se hace intervenir la base rígida de ruedas d:

Trocha = 1,435 m.:

$$r_c = 200 \times \frac{d}{R} \quad \ldots\ldots \quad [6]$$

Trocha = 1.000 m.:

$$r_c = 190 \times \frac{d}{R} \quad \ldots\ldots \quad [6a]$$

La diferencia máxima entre los resultados obtenidos por las ecuaciones [1], [2], [3] y [4], no es mayor de 0,8 kg. por tonelada por grado de curva. Como todas estas ecuaciones tienen base experimental, encierran o incluyen el rozamiento entre las pestañas de la rueda y el riel, es decir, dependen del coeficiente de fricción entre acero y acero sin lubricación, que puede asumirse en 0,07 para una velocidad de 45 km. por hora, según los experimentos de Galton.

Con el empleo de lubricación del riel exterior de las curvas con grasa de grafito, que tiene un coeficiente de fricción de aproximada-

mente 0,002, es de suponer que el coeficiente de rozamiento entre las pestañas de las ruedas y los carriles a la misma velocidad de 45 km. por hora, baje a aproximadamente 0,03 y por consiguiente también la resistencia de las curvas.

Al aplicarse la compensación por curvatura en las gradientes, en una sección de línea con fuerte curvatura, de un proyecto de vía ferroviaria, es pues necesario reducir los valores que se emplean actualmente para las curvas sin lubricación, en menos de la mitad, ya que se reduce la resistencia de la curva en esa misma proporción.

La compensación para curvatura sin lubricación más empleada es la recomendada por la «American Railway Engineering Association», la cual se da a continuación calculada para curvas *métricas.*

1. *Compensación: 0,045% por grado de curva.*

   a) Cuando la longitud de la curva es <*50%* de la longitud del tren más largo.
   b) Cuando la curva comienza entre los 6 primeros metros de levante de la gradiente.
   c) Cuando la gradiente de la vía es < que la gradiente gobernante.

2. *Compensación: 0,053% por grado de curva.*

   a) Cuando la longitud de la curva es de 50% a 75% de la longitud del tren más largo.
   b) Cuando la curva comienza entre los 6 y los 12 primeros metros de la gradiente.

3. *Compensación: 0,06% por grado de curva.*

   a) Cuando la longitud de la curva es > de 75% de la longitud del tren más largo.
   b) Cuando la velocidad se mantiene baja al pasar por la curva.
   c) Cuando se tenga que poner una sobreelevación en la curva que es excesiva para los trenes de carga pero que es la necesaria para los otros trenes más rápidos.
   d) En todas las curvas que tengan el radio *mínimo* adoptado para la línea.

4. *Compensación: 0,075% por grado de curva.*

En las curvas de una sección de la línea en la cual la pérdida de elevación debida a la compensación puede ser recuperada en la sección siguiente.

La tercera forma de compensación, o sea 0,06% por grado de curva, equivale a la ecuación [1] para la resistencia de la curva, ya que la resistencia debida a la gradiente es, naturalmente, 1 kg. por tonelada por cada milímetro por metro de inclinación de la vía, o sea por cada 0,1% de gradiente. De manera que 0,6 kg./grado de curva equivale a 0,06%/grado de curva.

Conclusión:

Para poder llegar a obtener una compensación adecuada por curvatura, al proyectar futuras vías ferroviarias que contengan secciones de fuerte curvatura, y en las cuales se empleará lubricación del riel en las curvas, es necesario que las Compañías Ferroviarias que forman parte del Congreso Panamericano de Ferrocarriles dejen saber los resultados obtenidos por la lubricación automática del riel en las secciones de gran curvatura de su sistema ferroviario, haciendo las siguientes comparaciones:

1. Comparación del tonelaje máximo arrastrado por las mismas locomotoras en una sección de línea de fuerte curvatura, antes y después de la adopción de la lubricación automática del riel.
2. Observación del tiempo empleado en recorrer esa sección de línea por esas máquinas, con tonelaje completo, si no se ha constatado mayor capacidad de arrastre en las locomotoras después de la instalación de los lubricadores de riel.
3. Comparación del consumo de combustible de las locomotoras al recorrer una sección de gran curvatura, antes y después de la instalación de los lubricadores automáticos de riel.

Debido a lo complejo de las características de la investigación, ésta debe seguir basándose en la experimentación. La que se lleve a cabo con el objeto de efectuar las comparaciones arriba mencionadas, probablemente servirá, además, para un mejor aprovechamiento de la fuerza de tracción disponible de las locomotoras, en las secciones críticas de las líneas, o para efectuar economías en el costo de la tracción en dichas secciones.

INFORME DEL RELATOR

El autor de este trabajo, Ing° Vignolo Murphy (Perú) hace referencia a las ventajas que se obtienen lubricando el riel exterior de las curvas y por consiguiente, a las modificaciones que afectarán los métodos de cálculo que se seguirán en el futuro para compensar o reducir las rasantes en los tramos de vía con fuerte curvatura.

Las ventajas que, en tal caso, se afianzarán con el empleo de lubricantes, pueden concretarse así: menor desgaste de los rieles; menor desgaste de las pestañas y menor gasto de conservación en las curvas. Como tales ventajas disminuyen la «resistencia a la tracción», se concluye que, utilizando lubricantes se reducirá el gasto de combustibles. Para lograr estas ventajas, el autor busca la compensación más conveniente para las rasantes de tramos en curva y cita las diferentes ecuaciones que se pueden emplear para calcular la *«resistencia de las curvas»*, ya que la compensación es una consecuencia de ella. Reconoce, sin embargo, que los resultados que se obtienen con el empleo de fórmulas no son exactos en razón de las dificultades que presenta la determinación de los factores que en ellas intervienen.

Para subsanar tales inconvenientes, sugiere en los tres puntos de su conclusión, la necesidad de que las distintas Compañías ferroviarias que integran el Congreso Panamericano de Ferrocarriles hagan conocer

la experiencia recogida por cada una de ellas cuando utilicen lubricantes en las secciones de vía a fuerte curvatura.

El Relator considera conveniente la publicación de este trabajo y recomienda aceptar las conclusiones del autor, pues estima de gran utilidad el conocimiento de los resultados que se obtengan con este método, tanto en los sistemas ferroviarios actualmente en uso, como en aquellos que se exploten en el futuro.

RESOLUCION DEL CONGRESO

1º) Se aconseja aceptar las recomendaciones del autor para poder obtener los nuevos factores que se harán intervenir en las actuales ecuaciones que se utilizan en el cálculo de la compensación por curvatura por estimar de gran utilidad el conocimiento de los resultados que se obtengan con ese método, tanto en los sistemas ferroviarios actualmente en uso, como en aquellos que se exploten en el futuro.

2º) Solicitar a todos los Ferrocarriles adheridos al Congreso que usen aparatos lubricantes en sus curvas, que informen sobre los resultados de su experiencia, tal como lo pide el autor.

3º) Recomendar que el Comité Permanente mantenga relaciones continuas entre sus miembros por medio de cuestionarios que permitan reunir las estadísticas acumuladas.

4º) Publicar este trabajo en las Memorias del Congreso.

TEMA 3

MODERNIZACION DE LAS VIAS PARA EL RECORRIDO DE TRENES A ALTAS VELOCIDADES Y CON GRANDES CARGAS POR EJE. USO DE RIELES SOLDADOS Y DE ACEROS ESPECIALES EN SU FABRICACION. MEDIOS EXPERIMENTALES.

AUTOR: *Ingeniero L. A. WOODBRIDGE.*

SIN INFORME DE RELATOR.

106.

Sean cuales fueren las evoluciones del transporte caminero que veamos en los años siguientes a la terminación de la guerra, y debemos esperar muchas, es un axioma decir, que a ninguna nación progresista le convendrá descuidar sus ferrocarriles.

Si existiese alguna duda al respecto, podemos disiparla en seguida con sólo reflexionar sobre la inmensa necesidad de transporte que ha requerido la guerra mundial.

No se puede avaluar lo que ha significado a las naciones de Estados Unidos de América y Gran Bretaña, sus bien organizados y eficaces ferrocarriles para el sostenimiento y triunfo en la guerra; ahora, al comenzar una era de paz, los ferrocarriles quedan como un gran haber nacional y elemento vital para la economía de la nación.

El transporte caminero puede hacer mucho, pero sólo podrá satisfacer una parte relativamente pequeña de las necesidades de un país.

Algunos años antes de la guerra, fué evidente la tendencia mundial hacia velocidades más altas, y los ferrocarriles desempeñaron su parte máxima al satisfacer la creciente demanda de ellas. Ha llegado el momento de afrontar de nuevo la situación y considerar la modernización de las vías para el recorrido de trenes a altas velocidades y posiblemente con mayores cargas.

Por supuesto, lo primero que debemos considerar es la alineación y superficie de rodamiento de la vía, estas asumen gran importancia a medida que aumenta la velocidad. En una vía sobre la cual corren suavemente sin golpearla trenes a una velocidad de 70 km/h., puede suceder lo contrario si la velocidad es aumentada a 100 km/h. y aún tornarse peligrosa si llegara a 120 km/h.; es en la junta de los rieles donde más probablemente se produzcan las irregularidades, una depresión en el riel de sólo 1,5 mm. de profundidad y 20 cm. de largo, es suficiente para que una velocidad inferior a 30 km/h. produzca un aumento dinámico de 50%en la presión de la rueda contra el riel.

Para alinear una vía desplazada 25 mm. de la recta, se requiere una presión lateral de 40.000 a 70.000 kg. y es sabido que a velocidades

de 120 km/h. pueden desarrollarse fuerzas laterales de 3.000 a 10.000 kg., de acuerdo con el estado de la vía; por esta razón, es necesaria la estabilidad lateral tanto como la vertical.

Desde que se crearon los ferrocarriles, ha sido la obsesión de los ingenieros el problema de la junta de los rieles, pues es el punto más débil de la vía, prueba de ello son los innumerables diseños desarrollados durante más de un siglo de ingeniería ferroviaria. Todo aumento en el largo del riel, tiene la ventaja de reducir el número de juntas, las cuales, absorben un desproporcionado porcentaje del tiempo total dedicado a la conservación de la vía.

Aunque los fabricantes han aumentado por etapas el largo de los rieles, desde 10 hasta 20, 30 y 40 m., ha sido la soldadura, la que ha hecho posible y práctico el uso de rieles largos, especialmente en los países que importan rieles del extranjero y se ven obligados a aceptar las facilidades de embarque que encuentren. No es mi propósito tratar aquí de los varios métodos modernos que existen para soldar rieles, sino exponer algunos de los problemas característicos al empleo de rieles largos.

No hace mucho tiempo, hubo una época en que los ingenieros estuvieron tan preocupados con la dilatación de los rieles como con la eficacia de las juntas de éstos, pues no se les ocurrió que la dilatación y contracción podían ser restringidas a cambio de someter al riel a un esfuerzo.

Fué entonces cuando el arrojo, aparejado a la ciencia moderna, entró en el campo de la construcción de vías férreas y fundó los cimientos de una nueva técnica, la que con el tiempo nos permitirá contar las juntas de los rieles por cientos, donde actualmente existen decenas de miles.

El éxito de la ciencia moderna no radica en la idea, sino en el método que se emplea para realizarla.

Aristóteles poseía una de las más grandes mentes de la época, pero de acuerdo a las normas de los siglos primitivos, filosofaba, no experimentaba, tomaba como cierto aquello que se le presentaba como tal, predicando lo que creía sin comprobarlo.

Diecinueve siglos más tarde vino Galileo (1564-1642), el hombre necesario para la situación propia de la época, principal exponente del método científico, el cual es la base del irresistible poder de la ciencia moderna, a la que dió el primer gran impulso con sus proezas de pensamiento y acción.

Han transcurrido escasamente 13 años desde que el Ferrocarril de Delaware & Hudson, en Estados Unidos de América, llevó a cabo, en carácter de iniciador, su importante obra de tender los rieles en largos tramos continuos. Desde entonces, otros ferrocarriles, tanto en los Estados Unidos de América como en otros países, se han interesado por este moderno y progresista tipo de construcción de vías.

Evidentemente, el punto más interesante, es la reacción de los rieles largos soldados contra la tendencia normal de dilatarse y contraerse bajo la influencia de los cambios de temperatura. Si la dilatación fuese ilimitada, un riel de 1.600 m. de largo, sometido a una temperatura de 37,7°C. aumentaría normalmente su longitud en 1,04 m. En la Argen-

tina, la variación de temperatura puede calcularse en 60°C.; con esta base, la dilatación total de un riel de 1.600 m. de largo, no sería inferior a 1,65 m.; además, es bien sabido que un riel expuesto al sol, en verano, puede alcanzar una temperatura considerablemente mayor que la del ambiente que lo rodea.

Cuatro ferrocarriles de los Estados Unidos de América que han efectuado ensayos con largos rieles soldados, informan que las variaciones de temperatura llegaron hasta 40,5, 48,8, 54,4 y 65,5°C. No obstante, ninguno de ellos experimentó dificultades por el deslizamiento de los extremos o en la parte intermedia de los rieles. Es más, en los extremos no fué mayor que el registrado con rieles standard de 12 m. de largo.

En el Ferrocarril del Norte de Francia, entre París y Lille, existen rieles de 70 m. de largo, tendidos sobre rodillos al lado de la vía, están completamente libres para dilatarse y contraerse, y el deslizamiento producido durante el año es registrado por medio de un aparato eléctrico.

Los rieles de la vía contigua a este trecho experimental, son del mismo largo y sección, sujetos a los durmientes con tirafondos. Cada uno de los rieles está firmemente sujeto en el centro, lo que permite su dilatación, restringiendo a esta únicamente los tirafondos, cuyo efecto a ese fin es tan pequeño, que el deslizamiento producido por los cambios de temperatura es solamente 10% inferior que el de los rieles asentados sobre rodillos.

Si un riel se sujetara lo suficiente para impedir el deslizamiento, se desarrollaría un esfuerzo interno de 24,3 k./cm.^{2} por cada grado C. de cambio de temperatura. Por supuesto, esta tensión se produciría únicamente cuando la temperatura fuese superior o inferior a la que existió cuando se tendió el riel.

En la Argentina sería posible efectuar renovaciones de vía en épocas que se pudieran tender los rieles bajo una variación de temperatura de 20 y 30°C. Suponiendo que así fuese, en un riel de 49,6 k/ml., eficazmente sujeto para evitar los efectos de la dilatación, se produciría un esfuerzo de 38.000 kg. aproximadamente, y en uno de 42,15 k/ml., sería de 33.000 kg.; para evitar la flexión consecuente de esta fuerza es necesario aplicar otra que la restrinja.

Una parte considerable de esta reacción, es suplida por el rozamiento del patín del riel contra el durmiente o la placa de asiento, este rozamiento puede ser aumentado mediante el empleo de elementos de retención, tales como grampas y escarpias elásticas. Se puede también utilizar abrazaderas con tope sujetas al patín del riel, las cuales apoyan contra el durmiente y restringen al deslizamiento longitudinal de la vía. La restricción ofrecida por los referidos elementos, medida con bastante precisión, nos revela que ésta puede ser de 9 kg. por durmiente, empleando escarpias, pero puede aumentar a 317 kg. con sujección de grampas elásticas, mientras que las abrazaderas con tope ejercen una reacción hasta de 385 kg. Para terminar este tópico, podemos decir que de cualquier modo, la restricción que se aplique al riel, debe derivar de la resistencia que ofrezca el balasto al desplazamiento del durmiente en el sentido de su ancho.

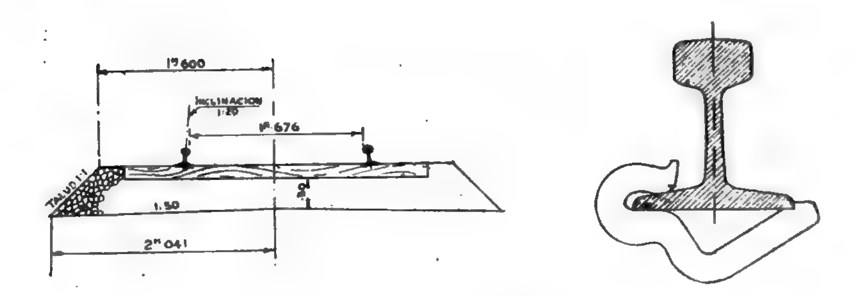


FIG. Nº 1

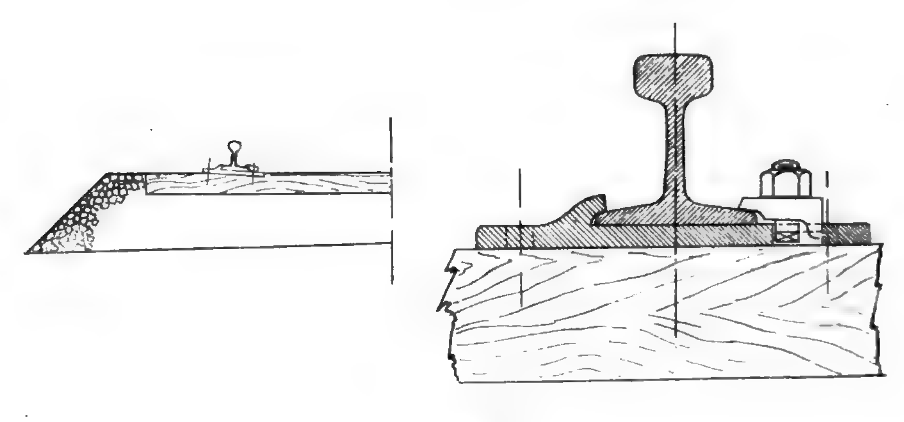


FIG. Nº 2

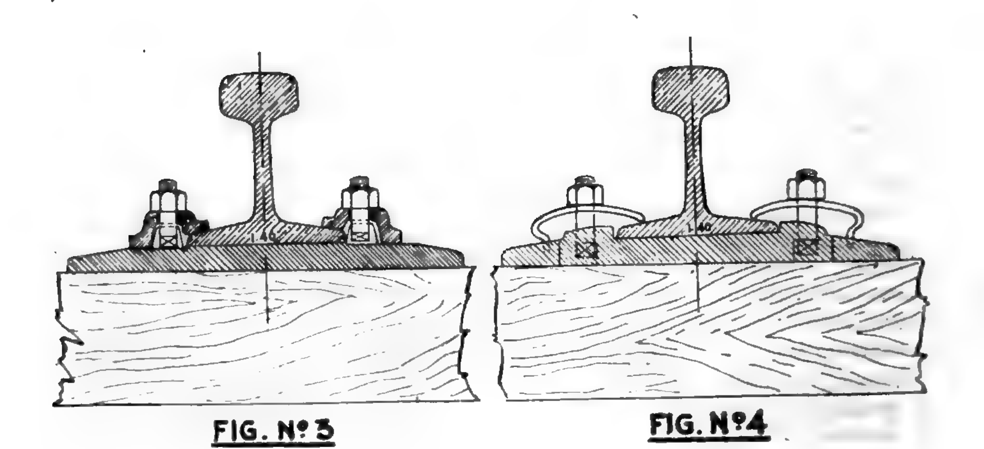


FIG. Nº 3

FIG. Nº 4

El largo que debe tener un riel está supeditado a la posición que ocupan en la vía los cambios y cruzamientos, así como las juntas aisladas en vías electrizadas, aunque existen otras consideraciones que influyen en la determinación de la longitud.

Se ha demostrado que el transporte de rieles largos no es un obstáculo, ni aun cuando éstos llegan a tener una longitud tan extensa como 430 m., pero en general, longitudes de más o menos 70 m. serán las más convenientes para manejarlos, especialmente en los talleres donde han de ser soldados. Longitudes mayores de 70 m. son soldadas con más comodidad en el sitio, llegándose a conseguir en esta forma una extensión continua de 2.100 m. que es la mayor conocida.

Ahora consideraremos la forma en que se ha de construir la vía para satisfacer las exigencias de altas velocidades, es decir, mayores de 100 km/h., y muy especialmente la construcción en que semplean rieles largos, la forma más simple es la indicada en la fig. Nº 1.

Esta muestra la vía sujeta con escarpias, sistema común en la Argentina, donde los durmientes son de quebracho colorado, colocados en cantidad de 1.400 a 1.500 por km., asentados sobre una capa de balasto de piedra, cuyo espesor debajo de ellos varía entre 25 y 30 cm.; para una vía de este tipo se necesitan de 500 a 650 abrazaderas con tope por kilómetro.

La fig. Nº 2 ilustra una construcción más adecuada para tráfico intenso y frecuente a alta velocidad con cargas rodantes moderadas; en este tipo se sujeta la vía en cada durmiente, colocando abrazaderas con tope en el patín del riel de un lado solamente.

Las figs. Nos. 3 y 4 ilustran tipos bien conocidos, empleados en Europa y los Estados Unidos de América. En ambos se sujeta eficazmente al riel, en el primero con más rigidez, mientras que en el segundo, empleando grampas elásticas permite cierto grado de elasticidad, de acuerdo con la flexión del riel. En estos tipos de vías se colocan de 1.600 a 1.800 durmientes por km.

En años recientes ha sido introducida la escarpia elástica, un ingenioso elemento de retención que esperamos se ha de emplear extensamente una vez terminados los conflictos bélicos. Esta escarpia está fabricada con acero de resorte y se puede usar con o sin placa de asiento, ejerce una gran y uniforme presión sobre el patín del riel y permite cierta elasticidad bajo la flexión del mismo. Las figs. Nos. 5 y 6 ilustran este elemento con y sin placa de asiento.

La fig. Nº 7 muestra un tipo de construcción empleado en Francia con rieles de 70 m. de largo, los tirafondos ejercen poca retención sobre el riel, el cual está libre para dilatarse desde el centro hacia ambos extremos.

Para restringir el deslizamiento de la vía, los seis durmientes centrales del tramo están unidos entre sí por medio de planchuelas, y éstas sujetas a un bloque de hormigón.

El éxito obtenido con la introducción del riel largo y la consecuente reducción del número de juntas, ha dado lugar a un estudio más amplio de estas últimas, que son siempre el eslabón más débil de la vía, aún de aquellas cuya resistencia aumente con el andar del tiempo.

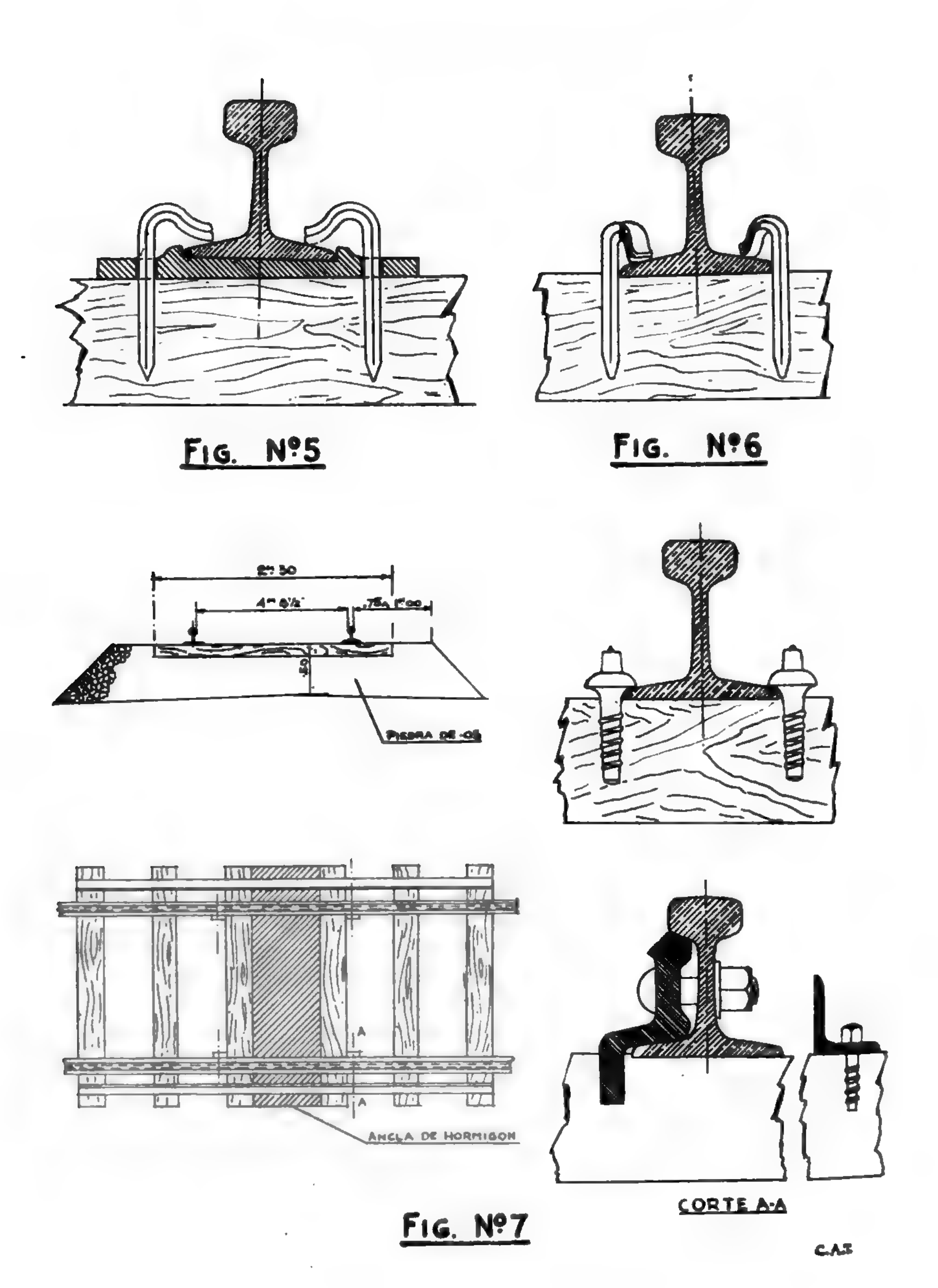


FIG. Nº5

FIG. Nº6

FIG. Nº7

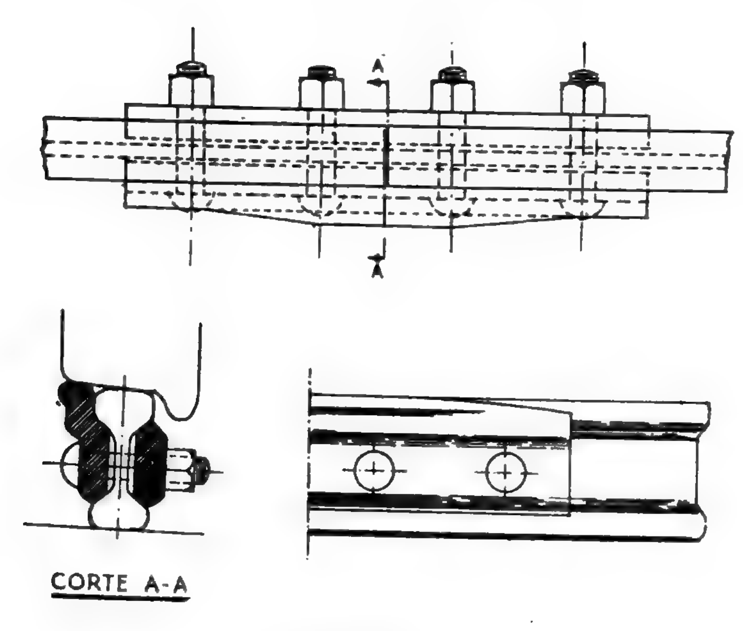


FIG. Nº 8

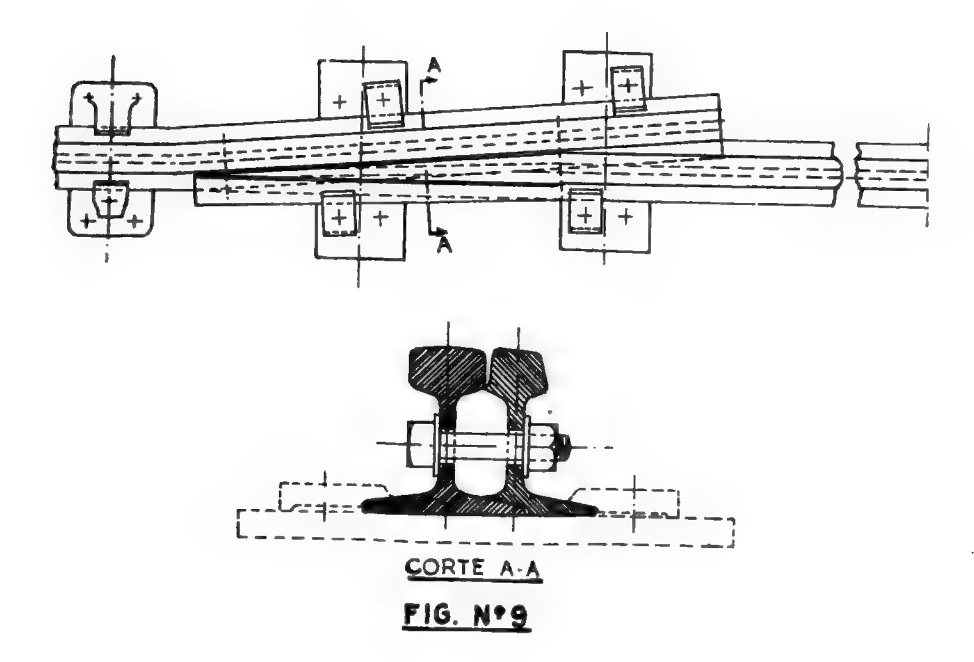


FIG. Nº 9

Con el tipo de junta por medio de eclisas, la separación de los extremos de los rieles para la dilatación de éstos, necesariamente debe quedar, pero en años recientes se ha estudiado la forma de proveer una superficie de rodamiento continua, ya sea mediante eclisas especiales, como muestra la fig. Nº 8 o juntas con lengüetas, según ilustrado en la fig. Nº 9, ejemplos de estas últimas pueden verse en los Ferrocarriles Central Argentino y Francés del Norte. La lengüeta está constituída por un pedazo corto de riel especialmente desbastado, como en el caso del riel móvil de un cambio, soldado al extremo de un riel de 70 m. de largo.

Respecto al empleo de aceros especiales para la fabricación de rieles, no parece probable que se generalice esta práctica, ya que tales aleaciones demandan un alto porcentaje de cromo o manganeso. En escala relativamente pequeña seguirán encontrando aplicación para la fabricación de cambios y cruzamientos.

Con el uso prolongado de rieles largos, es más probable que un acero cuya aleación contenga una proporción mediana de manganeso, resulte completamente adecuado para rieles que deban soportar tráfico a altas velocidades, siempre que las cargas rodantes sean moderadas. Debemos tener presente que en la fabricación de rieles la técnica ha alcanzado tal desarrollo que asegura un alto grado de pureza en el acero, aún en secciones de 60 kg/ml. y mayores. Gran parte de este éxito se debe al sistema de enfriamiento a través de la temperatura crítica de revenido, que varía entre 500° y 350°C., bajo la cual el acero es susceptible a transformar sus propiedades físicas, formándose un material agrietado y esponjoso.

Cuando se requiere que la superficie de rodamiento del riel sea más dura, se somete a la cabeza de éste a un proceso de revenido, enfriando luego mediante un chorro de vapor de agua. En esta forma se obtiene en la estructura del material el elemento denominado sorbita, o bien se recurre a otro tratamiento más enérgico que consiste en revenir o enfriar sumergiendo la cabeza en un baño de agua, lo que da lugar a la transformación de los constituyentes del material en otro elemento que se conoce por el nombre de martensita, de dureza mucho mayor. Si se desea endurecer solamente los extremos del riel, se puede efectuar aplicando a las partes afectadas el proceso adecuado de revenir y enfriar.

En estas materias nadie tiene la última palabra. Muchos de los conocimientos que poseemos nos han llegado mediante las investigaciones científicas, llevadas a cabo con perseverancia durante muchos años por un gran número de ingenieros, químicos y experimentadores de diversos países.

Aunque mucho se ha hecho, estamos lejos del final, pues a medida que las velocidades y las cargas rodantes aumenten, será necesario introducir en el diseño y conservación de las vías férreas mayores aplicaciones científicas.

DICTAMEN DE LA SUB-COMISION

Acerca del trabajo presentado por el Ingº L. A. Woodbridge, titulado «Modernización de las vías para el recorrido de trenes a altas velocidades y con grandes cargas por eje», en que el autor pasa en revista los diversos medios usuales que se emplean para realizar este objetivo, como ser: disminución de junturas aumentando la longitud de los rieles; mejoras en los sistemas de unión entre el riel y los durmientes, la Sub-Comisión desea recomendar la publicación y solicitar de las Empresas envíen sus datos experimentales al Comité Internacional Permanente a fin de que ellos sean divulgados.

RESOLUCION DEL CONGRESO

1º Publicar este trabajo en las Memorias del Congreso.

2º Solicitar a las Empresas que envíen sus datos experimentales, al Comité Internacional Permanente, a fin de que ellos sean divulgados.

TEMA 4

DURMIENTES.

AUTOR: *ASOCIACION AMERICANA DE INGENIERIA FERROVIARIA.*
RELATOR: *Ingeniero DANIEL G. MACCORMACK.*

15.

El trabajo titulado «Durmientes» presentado por la Asociación Americana de Ingeniería Ferroviaria, en base del informe elevado por un Comité de veinticuatro miembros bajo la presidencia del Ingeniero John Foley, no se publica en las Memorias del Congreso, por haberlo sido ya en el Boletín 451 de la A.R.E.A. de febrero de 1945, pudiendo adquirirse en 59 East Van Buren Street. - Chicago, 5, III.

INFORME DEL RELATOR

1) *Revisión del Manual de la A.R.E.A.*

Informe sometido a la aprobación de la Asociación sobre fabricación y manipuleo de durmientes (ya acepta e incluído en Vol. 46 - 1945 del Manual).

2) *Modo en que se adhiere a las especificaciones.*

Sin informar.

3) *Sustitutos para durmientes de madera.*

Sin informar.

4) *Renovación de durmientes y costo por milla de vía en explotación.*

Informe preliminar presentado como dato informativo.

5) *Origen y contralor de las grietas y rajaduras.*

Informe preliminar presentado como dato informativo.

6) *Modos de retardar la destrucción de los durmientes por desgaste mecánico.*

Sin informar.

7) *Criterio a adoptarse sobre renovación de durmientes.*

Sin informar.

8) *Medidas a adoptarse para economizar mano de obra y materiales, incluyendo la adaptación de sustitutos para materiales escasos y especificaciones para la reclamación de materiales, herramientas, y equipo producidos o sobrantes de otros trabajos, en colaboración con la Comisión de Reclamación Nº 3A. de la División de Compras y Almacenes de la A.A.R.*

Sin informar.

SUB-TEMA 1: *Revisión del Manual de la A.R.E.A.*

Sub-Comité de 13 miembros bajo la presidencia del Ing° John Foley.

El informe sometido a la aprobación de la Asociación, en sustitución del capítulo actual del Manual sobre la materia, detalla la práctica recomendada para la fabricación y manipuleo de los durmientes desde la corta del árbol hasta la colocación del durmiente en la vía, siendo dividido en los siguientes sub-rubros:

Fabricación.

Apreciaciones sobre la época de la corta de los árboles y la ventaja de efectuarla durante el invierno para evitar infección por micro-organismos; aunque se observa que la estación del año no influye en el contenido de savia o la duración de la madera.

Especificaciones.

Las especificaciones de la A.R.E.A. consideradas aptas para todas las necesidades.

Apilamiento en el obraje.

Precauciones a tomar en el apilamiento de los durmientes en el bosque para evitar infección por los micro-organismos de putrefacción.

Transporte.

Recomendaciones sobre el modo de transportar y manipular los durmientes para evitar deterioros.

Inspección.

Recomendaciones para la inspección, apilaje y modo de marcar los durmientes aceptados.

Acondicionamiento.

Prácticas recomendadas para el sazonamiento de los durmientes a someterse a tratamiento preservativo.

Contralor del agrietamiento.

Consideraciones sobre modos de apilar los durmientes para evitar su agrietamiento, y recomendaciones sobre la aplicación de dispositivos mecánicos o de sustancias químicas para el debido control de las grietas y rajaduras.

Entallado.

El entallado y barrenado debe ser efectuado antes de someter los durmientes al tratamiento preservativo y de acuerdo con las especificaciones sobre la materia.

Almacenaje.

Prácticas recomendadas para la preparación de playas de depósito y modos de apilar los durmientes. Advertencia sobre la necesidad de agrupar los durmientes según género o especie antes de someterlos al tratamiento preservativo, siendo esencial que todos aquellos apilados o tratados juntos sean de las mismas dimensiones y madurez.

Tratamiento Preservativo.

Recomendaciones sobre la conveniencia de tratar todos los durmientes para evitar putrefacción de la madera, de acuerdo con las especificaciones de la A.R.E.A., haciendo mención que el procedimiento de «células vacías» (Lowry o Rueping) es considerado superior al de «células llenas» (Bethell o Burnett).

Consideraciones sobre la calidad y madurez de la madera para obtener resultados satisfactorios.

Manipuleo de Durmientes Tratados.

Recomendaciones sobre el manipuleo para evitar la rotura de la cáscara impregnada de los durmientes tratados, la cual daría lugar a la infección de la madera interior. En el caso de madera dura la penetración del preservativo es de poca profundidad, por lo tanto es esencial evitar las incisiones que podrían causarse con picos u otras herramientas.

Distribución.

Consideraciones sobre los modos más económicos de transportar, almacenar y manipular los durmientes, siendo preciso estudiar cada caso detenidamente según sus necesidades.

Conservación durante y después de la distribución.

Recomendaciones sobre manipuleo, aplicación de grampas y apilaje.

Conservación durante y después de su instalación en la vía.

Prácticas recomendadas en el manipuleo y medidas protectoras para la debida conservación de los durmeintes en la vía.

Renovación.

Observaciones sobre la importancia de la inspección y selección de los durmientes a renovarse, y la necesidad de un criterio uniforme para todo el sistema, con indicaciones de las prácticas usuales en cuanto a la marcación y estadística de estos durmientes.

Recomendaciones sobre el aprovechamiento de las distintas clases y tamaños, y el modo de colocar los durmientes y clavos.

Reclamación.

Consideraciones sobre la utilización de durmientes viejos y la necesidad de un control estricto de costos para apreciar su valor econó-

mico, efectuando el reacondicionamiento de los aptos para la vía según las prácticas recomendadas.

Indicaciones sobre la utilización en otros trabajos de material inapto para la vía

SUB-TEMA 4: *Renovación de durmientes y costo por milla de vía en explotación.*

El informe preliminar presentado por la Sub-Comisión, compuesta de dos miembros bajo la presidencia del Ingeniero John Foley, contiene datos sobre la presentación y compilación de estadística, haciendo notar que la vida útil de los durmientes en las vías de los ferrocarriles afiliados a la Asociación varía de 15 a 25 años, siendo causados los casos en exceso de 5% anual por condiciones locales especiales.

SUB-TEMA 5: *Origen y Contralor de las grietas y rajaduras.*

El informe preliminar presentado por la Sub-Comisión, compuesta de 11 miembros bajo la presidencia del Ingeniero R. E. Butler, hace mención de varios métodos de control de agrietamiento que esa Sub-Comisión tiene bajo estudio, pero aún sin llegar a conclusiones terminantes.

CONCLUSION

Por la importancia de los problemas que se estudian en el presente trabajo, y el interés que tienen para todos los Ferrocarriles del Continente Americano, me permito aconsejar su publicación en las Memorias del Congreso.

RESOLUCION DEL CONGRESO

Publicar este trabajo en las Memorias del Congreso, en razón de la información aportada que puede resultar de interés práctico a los diferentes Ferrocarriles representados.

TEMA 4

PRESERVACION DE MADERAS.

AUTOR: *ASOCIACION AMERICANA DE INGENIERIA FERROVIARIA.*

RELATOR: *Ingeniero ANTONIO J. CASABO.*

16.

El trabajo titulado «Preservación de maderas», presentado por la Asociación Americana de Ingeniería Ferroviaria, sobre el informe de un Comité compuesto de treinta y siete miembros presidido por el Ingeniero H. R. Ducan no se publica en las Memorias del Congreso, por haberlo sido ya en el Boletín 451 de la A.R.E.A. de febrero de 1945, pudiendo adquirirse en 59 East Van Buren Street. - Chicago, 5, III.

INFORME DEL RELATOR

La comunicación presentada comprende diversos cuadros en los que se recogen los datos obtenidos en los tramos-testigos de vía en relación con los durmientes sometidos a tratamientos de preservación y un complemento de especificaciones sobre la solución creosota-petróleo.

Si bien las maderas consideradas en estos estudios no son las corrientemente usadas en los ferrocarriles sudamericanos, la cantidad de datos que se aportan es tan grande y son tan interesantes para aquellos países que no disponen de maderas que puedan ser utilizadas económicamente sin tratamiento, que a mi juicio sería conveniente su publicación sobre todo si se tiene en cuenta que los records informados están siendo considerados en relación con la colocación en el año 1944 de más de 53 millones de durmientes preservados según los datos del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos en cooperación con la Asociación Americana de Preservadores de Maderas.

En consecuencia me permito proponer al Congreso se disponga la publicación correspondiente.

RESOLUCION DEL CONGRESO

Considerando de sumo interés y utilidad para futuras investigaciones, los diversos cuadros informativos que contiene el trabajo, se acuerda su publicación en las Memorias del Congreso.

TEMA 4

LAS CURVAS DE ACORDAMIENTO EN LAS VIAS FERROVIARIAS.

AUTOR: *Ingeniero JUAN VILLALOBOS ROJAS.*
RELATOR: *Ingeniero MANUEL E. LUGARO.*

26.

ALINEACION DE LAS CURVAS A PIOLIN.

AUTOR: *Ingeniero P. E. KNIGHT.*
RELATOR: *Ingeniero MANUEL E. LUGARO.*

38.

INTRODUCCION

El presente trabajo se relaciona con la necesidad de mejorar el trazado geométrico de las líneas ferroviarias, tanto en horizontal como en vertical, con el objeto de alcanzar grandes velocidades sin desmejorar la suavidad del rodado.

Se acompañan unas Tablas que son útiles para estacar los arcos que deben unir los elementos rectos de la vía a las curvas circulares y se demuestran las fórmulas.

Las Tablas proporcionan los datos para estacar las parábolas cúbicas por medio de coordenadas y por medio de taquímetro centesimal y sexagesimal.

No ha sido posible ampliar este trabajo, como era mi propósito, a los diferentes procedimientos que se emplean para corregir las curvas en líneas existentes; pero adelantaré que en mi opinión los sistemas más sencillos y más prácticos para efectuar esas correcciones son el de Nalenz-Hoefer empleado en los Ferrocarriles Alemanes, contenido en el libro «Abstecken und Vermarken von Gleisbogen nach dem Winkelbildverfahren» y el procedimiento que se explica en el folleto «The String Lining of Curves Made Easy», de que es autor el Ingeniero norteamericano Ch. Bartlett.

El primer procedimiento, parte, naturalmente, de las flechas de las curvas tomadas en el terreno y lo encuentro muy práctico, sobre todo cuando se trata de curvas de largo desarrollo o una sucesión de curvas y contracurvas sin elementos rectos, porque solamente con un tanteo se obtienen los desplazamientos de los rieles para que las curvas queden en perfectas condiciones.

Además, como el método es gráfico, facilita mucho la labor.

El procedimiento explicado en el libro de Bartlett es laborioso y necesita bastante experiencia para llegar pronto a obtener los desplazamientos de los rieles.

CURVAS DE ACORDAMIENTO O TRANSICION

En nuestro país los trazados de ferrocarriles se han estacado en general, con curvas circulares sin curvas de acordamiento.

Ahora es necesario emplear en todos los trazados las curvas de transición o acordamiento, porque así el rodado es más suave en los accesos de las curvas y por consiguiente sufre menos el equipo y la conservación de la vía, y se da mayor comodidad a los pasajeros.

Esto es más indispensable actualmente, ya que nos vemos abocados al problema de la competencia de otros medios de trasporte. Debemos aumentar la velocidad de los trenes y ofrecer mayor comodidad al público.

Como la mayoría de las líneas no poseen acordamiento en las curvas, los Ingenieros, desde hace algunos años, están preocupados de introducirlos, empezando por las vías principales, para lo cual, como veremos más adelante, es necesario efectuar una traslación de las curvas circulares, lo que obliga muchas veces a ensanches de cortes y terraplenes.

Cuando ocupé el cargo de Jefe de la Sección Vía y Obras de la Red Norte, que tiene trocha de 1 mt., me preocupé de dar un impulso a la introducción de las curvas de transición, lo cual mejoró mucho las condiciones del rodado. El radio mínimo de las curvas es 80 metros, pero existen también algunas con 70 metros de radio. Las curvas de pequeño radio se encuentran, naturalmente, en las cuestas, que tienen 2, 3 y 4% de inclinación.

Vista retrospectiva

La necesidad de suavizar la entrada y salida de los trenes en las curvas circulares es tan antigua como el ferrocarril.

El peralte se daba en un principio, enteramente en la recta, después se daba la mitad en la recta y la otra mitad en la curva circular, pero ninguna de estas soluciones era satisfactoria por la falta de concordancia entre la producción de la fuerza centrífuga y el peralte.

Se observó, además, que en todo caso, en las curvas de corto radio se producían choques en el paso de la recta a la curva.

A fin de subsanar estos inconvenientes los Camineros idearon el procedimiento de «suavizar la curva» introduciendo un bolsón en forma de S en las entradas de ella, que a veces suavizaba, si era bien ejecutado, y otras veces no.

La solución correcta del problema la dió el Ingeniero Frances Nördling, quien dejó bien establecido:

1º Que la rampa de peralte que asciende linealmente debe coincidir con una curva de acordamiento, en la cual la curvatura $\left(\frac{1}{P}\right)$ crezca también según una ley lineal.

2º Que la parábola cúbica ($y = k\,x^3$) cumple con aquel requisito, dentro de ciertos límites y es, por consiguiente, la curva apropiada para el arco de acordamiento.

En 1867 publicó Nördling el resultado de sus estudios. Dió a conocer las reglas para aplicar la parábola cúbica en una forma tan completa que hasta ahora no ha merecido variación.

El procedimiendo indicado por Nördling tuvo partidarios y enemigos, como ocurre con toda innovación.

Los Ferrocarriles Altona-Kiel informaron a la superioridad, sobre la aplicación de aquel sistema diciendo que hasta entonces (1868) habían empalmado directamente los arcos de círculo a las rectas y que colocaban las rampas de peralte totalmente en las rectas, de manera que en el principio de la curva circular ya existía íntegramente el peralte y recomendaban conservar el procedimiento.

Agregaban que con el nuevo procedimiento no se evitaba la superficie alabeada en el sector de la rampa de peralte y que se producirían accidentes frecuentes dentro de él, en las rampas más inclinadas y de menor radio.

El informe decía textualmente:

«Si por este motivo se producen actualmente continuos desrielamientos en la recta, antes de la curva, con mayor razón deben temerse tales desrielamientos en una curva trazada con curva parabólica de empalme (arco de acordamiento), según el sistema del señor Nördling en que la superficie combada queda aún en la curva y allí la fuerza centrífuga aumenta el peligro.» (!).

«Por eso, la Dirección suscrita estima que intercalar las llamadas parábolas de empalme, en el paso de rectas a curvas no es recomendable, ni desde el punto de vista de la ejecución y conservación de la superestructura de la vía, ni de la seguridad del tráfico.»

Este informe, nos hace ver una vez más que todo paso en el progreso científico o técnico encuentra incomprensión durante algún tiempo haciéndose valer, en su contra, una serie de consideraciones erradas.

Mucho se ha escrito sobre las curvas de transición y bastante se ha investigado para encontrar una curva que satisfaga en cuanto a la facilidad para aplicarla y en cuanto a la suavidad del rodado que proporcione.

Hay autores que han propuesto el uso de la Clotoide que es la curva en que la curvatura sigue una ley lineal matemáticamente exacta, a lo largo de la curva y han elaborado las tablas para su estacado. Otros han demostrado la posibilidad de emplear la lemniscata, la sinusoide y la espiral logarítmica para suavizar la entrada a las curvas circulares.

El Ingeniero Hallade (Rev. Gen. Chem. de Fer., abril 1908 y abril 1910) hizo aportes valiosos al problema de los acordamientos, partiendo de la consideración de que un vehículo que entra o sale de una rampa con inclinación rectilínea, experimenta aceleraciones rotatorias alrededor de su eje longitudinal, las cuales, tratándose de grandes velocidades, producen oscilaciones desagradables. Llegó así a la conclusión de que para evitar esas oscilaciones, cuando un vehículo viaja a grandes velocidades, era necesario hacer muy aplanadas las rampas rectilíneas de peralte o se debía adoptar una rampa en que la pendiente aumentara y disminuyera gradualmente, o sea, era necesario emplear la rampa suavizada en forma de S.

Trató Hallade detenidamente el asunto y elaboró tablas con todos los elementos necesarios para el trazado: longitud de la curva de transición, peraltes y las coordenadas.

Eligió la inclinación 1:5V para la rampa.

En la práctica, el procedimiento de Hallade perdió adeptos porque eligió la sinusoide como perfil de la rampa en lugar de dos arcos de parábolas de 2º grado, cuyo empleo es más sencillo y además porque en aquel tiempo no era indispensable la rampa en S, si se toman en cuenta las velocidades que se empleaban.

Nueva curva de transición

El empleo de la rampa de peralte con inclinación constante y de la parábola cúbica en que se desarrolla han bastado hasta antes del advenimiento de la época de las grandes velocidades. La práctica ha demostrado que los trenes veloces sufren oscilaciones desagradables en la entrada de la parábola cúbica (P.C.) y en el sector correspondiente de la salida; llamando trenes veloces a los que viajan a razón de 120 o más km./h. Actualmente, ya se habla, en los ferrocarriles europeos, de viajar a 200 km/h.

El Flecha del Sur, que hace servicio entre Santiago y Puerto Montt, tren automotor aerodinámico con motores Diesel, viaja a 125 km/h. en las partes con buen trazado y buena vía.

Considerando la potencia de los motores puede desarrollar una velocidad de 160 km/h.

La rampa más apropiada para altas velocidades es la rampa en forma de S compuesta de dos arcos simétricos inversos de parábolas cónicas como se indica en la Fig. 1.

La forma de la curva en el plano horizontal está determinada por la condición de que el radio de curvatura en cada punto sea el que corresponde al peralte dado al riel exterior.

La línea de la curvatura $\left(\frac{1}{P}=kh.\right)$ tiene la misma forma de la rampa de peralte, o sea la rampa de peralte es una representación de la variación de la curvatura y se compone también de dos arcos de parábolas, simétricos inversos.

La curva en horizontal se compone de dos partes, la primera correspondiente a la primera parábola de 2º grado es una parábola de 4º grado cuya ecuación es:

$$2)\quad y=\frac{x^4}{6Rl^2}$$

La ecuación de la 2ª parte es:

$$3)\qquad y=\frac{l^2}{48R}+\frac{\left(x-\frac{l}{2}\right)^2}{2R}-\frac{(l-x)^4}{6Rl^2}$$

siendo el eje de las x la tangente principal (elemento recto del trazado) y estando el origen en el principio de la curva de acordamiento (P. de la figura).

La ecuación 2) proporciona las ordenadas de la curva desde

$$x = 0 \text{ a } x = \frac{l}{2}$$

La ecuación 3) da las ordenadas de la curva desde

$$x = \frac{l}{2} \text{ hasta } x = l$$

Esta curva de transición, además de ofrecer un rodado suave tiene la ventaja de exigir solamente un desplazamiento de la circunferencia igual a la mitad del que exige la parábola cúbica para la misma longitud y el mismo radio R.

La parábola cúbica exige un desplazamiento $f = \frac{l^2}{24R}$

Y la nueva curva solamente $f = \frac{l^2}{48R}$

por lo cual es muy apropiada para los casos en que haya obstáculos que impiden efectuar un desplazamiento como exige la parábola cúbica; pero una curva de esa clase y la rampa no son de trazado sencillo, por lo cual su aplicación ofrece dificultades, si se considera que en la práctica carrilana solamente prosperan los procedimientos que sean sencillos y que eviten los errores.

Ahora bien, el empleo de una curva tan perfecta está relacionada con la calidad de la línea y su conservación.

De nada serviría tener curvas de primera clase si los bajos o tiraduras la inutilizaran.

Soy partidario de que actualmente en los ferrocarriles chilenos empleemos la parábola cúbica que puede ser tan suave como la curva de rampa suavizada en S si alargamos un poco su longitud. Así se obtiene un rodado suave y se dispone de una curva de fácil estacado y conservación.

La rampa suavizada en S se ha ensayado con éxito.

Los Ferrocarriles Alemanes en 1935, hicieron ensayos prolijos y en vasta escala instalando rampas en S en las líneas de 12 Administraciones.

Se dieron instrucciones precisas sobre el estacado. Para la inclinación $1{:}m_m$ se fijó el valor:

$$1{:}m_m = \begin{cases} 1{:}5V \\ 1{:}600 \end{cases}$$

Desde 120 km/h. para arriba se obtenían así pendientes iguales al doble de la exigida por las Normas para rampas rectas (1:10V).

La longitud de los arcos de acordamiento exigida era:

$$l_s = \begin{cases} 10Vh \\ 1.200h \end{cases}$$

El sector de vía Berlín-Francfurt se prestó muy bien al ensayo,

pues allí se instalaron rampas en S y rampas rectas y además trafican en él (desde agosto de 1935) trenes automotores de gran velocidad.

En ese sector en realidad las rampas tenían inclinaciones superiores a las prescritas, variaban de $1m_m = 1:5V$ hasta $1:3,7V$; la más empleada fué la de 1:500. Las longitudes de los acordamientos, por consiguiente, quedaron también bastante inferiores a las prescritas.

Las rampas rectas tenían inclinaciones de 1:10V hasta 1:8V.

Los ensayos fueron satisfactorios, llegándose a la conclusión de que las rampas en S con inclinación $1m_m = 1:4V$ (corresponden a $l_s = 8Vh$) son tan suaves al rodado como las rampas rectas de inclinación 1:10V (longitud $l = 10Vh$).

Los pasajeros no notan diferencia entre ambas formas; pero los choferes de los trenes automotores y los maquinistas de locomotoras afirman que el rodado es más suave en las curvas de transición con rampas en S.

Esto es lógico, ya que una línea poligonal no puede ser mejor que una línea curvada.

Considerando la preparación actual del personal de Cabos de Cuadrilla en mi país, estimo conveniente que en los ferrocarriles nuevos se emplee la rampa recta con una longitud igual a (8:Vh a 10Vh), 8V veces el peralte a 10V veces el peralte, expresando a V en km/h. y no siendo ese valor, en ningún caso inferior a 400 veces el peralte, en vías en que se viaje a velocidades inferiores a 100 Km/h. o sea:

$$l \geqq \begin{cases} 8 \text{ a } 10Vh \\ 400h \text{ (mínimo)} \end{cases}$$

En las líneas en que los trenes viajen a 100 km/h. o más, se fijará un mínimo de 800 h.

Conviene decir algo aquí sobre la manera cómo se ha llegado a fijar la longitud de la rampa de peralte.

En mi país se prescribe que la longitud del acordamiento sea igual a 300 veces el peralte, pero esta norma se va a cambiar pronto.

Las normas alemanas determinan que aquella longitud debe ser:

$$l \geqq \begin{cases} 8Vh \text{ a } 10\ Vh \\ 400\ h \text{ (mínimo)} \end{cases}$$

Esta norma se ha deducido de la experiencia, la cual indica que con esas longitudes el rodado es suave y agradable para los pasajeros. Por otra parte, las experiencías realizadas en Estados Unidos por la American Railway Engineering Association, determinan que el rodado es agradable para los pasajeros siempre que una rampa de peralte no se suba con mayor velocidad vertical de $1\ ^1/_6''$ por segundo.

Esta condición, después de un pequeño cálculo, se transforma en esta otra:

$$l \geqq 8{,}7\ Vh$$

estando V expresado en km/h.

Puede decirse, por consiguiente, que las experiencias realizadas en Estados Unidos y Alemania coinciden en sus resultados.

En los casos en que, en ferrocarriles existentes, haya obstáculos insalvables que impiden una traslación de las curvas circulares de una cantidad igual a

$$f = \frac{l^2}{24R}$$

o que sea muy subido el costo de la traslación deben emplearse rampas en S, desarrolladas en su correspondiente curva horizontal, que reducen a un mínimo aquellos costos.

En estos casos se empleará una rampa en S, cuya curva horizontal tendrá una longitud igual a 8V veces el peralte, obteniéndose así, una curva tan suave como la de una rampa recta (parábola cúbica en horizontal) con una longitud igual a 10V veces el peralte.

Si se viaja a 100 km/h. o más, la longitud de la curva de transición quedará expresada por:

$$l_s \geqq \begin{cases} 8Vh \\ 800h \text{ (mínimo)} \end{cases}$$

Empleo de la rampa recta de peralte

En seguida deduciremos las ecuaciones necesarias que sirven para calcular todos los elementos de la curva de transición. (Ver en la Tabla el significado de las denominaciones.)

Daremos por demostrado que la curva horizontal que corresponde a una rampa recta de peralte es una parábola cúbica.

Ahora bien, el radio de curvatura en una curva cualquiera referida a ejes ortagonales X e Y es:

$$1) \qquad P = \frac{\left[1+\left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{3/2}}{\frac{d^2y}{dx^2}}$$

La forma general de una parábola cúbica es:

$$2) \qquad y = kx^3$$

De aquí deducimos: $\frac{dy}{dx} = 3kx^2 \ldots\ldots \frac{d^2y}{dx^2} = 6kx$

Reemplazando estos valores en 1) se tiene:

$$3) \qquad P = \frac{(1+9k^2x^4)^{3/2}}{6kx} = \frac{\sqrt{1+9k^2x^4}^{\,3}}{6kx}$$

En la abcisa $x = l$ el radio de curvatura es R, por consiguiente:

4) $$R = \frac{\sqrt{1+9k^2l^4}^{\,3}}{6kl}$$

Cuando la parábola es de pequeña longitud relativa, es muy aplanada, se aparta muy poco del eje de las X y en ese caso el producto $9k^2x^4$ es sumamente pequeño y puede despreciarse; el numerador de la fórmula 3) es igual a l y se obtiene así la ecuación:

$$P = \frac{1}{6kx}$$

de donde:

5) $$k = \frac{1}{6Rl}$$

y la ecuación de la parábola adquiere la forma:

6) $$y = \frac{x^3}{6Rl}$$

Parábola empleada para el cálculo de las Tablas

Cuando la parábola es relativamente larga ya no es satisfactoria la curva que se obtiene con la fórmula anterior y es necesario emplear otra ecuación que deduciremos en seguida.

De la ecuación 4) se deduce:

7) $$6Rkl = \sqrt{1+9k^2l^4}^{\,3}$$

Aplicando la fórmula 2) se obtiene (Fig. 2) $BE = 3kl^3$

En la parábola cúbica la tangente pasa por un punto tal como H, de manera que HE es la tercera parte de la proyección l.

O sea: $HE = \frac{l}{3}$

luego:

$$BH = \sqrt{HE^2 + BE^2} = \sqrt{\frac{l^2}{9} + k^2l^6} = \frac{l}{3}\sqrt{1+9k^2l^4}$$

También se tiene:

8) $$\frac{BH}{\frac{l}{3}} = \frac{1}{\cos \theta} = \sqrt{1+9k^2l^4}$$

Reemplazando este valor en 7) obtenemos:

$$6Rkl = \frac{1}{\cos \theta} \quad \text{luego:} \quad K = \frac{1}{6R\,l\cos^3 \theta}$$

9)

El valor del ángulo θ no se conoce; pero como B E en relación con $\frac{l}{3}$ es siempre muy pequeño y el coseno de un ángulo pequeño varía muy lentamente, obtendremos una aproximación muy aceptable si aprovechamos la fórmula 6) de la parábola relativamente corta y haciendo $x=l$, aceptamos:

$$BE=\frac{l^2}{6R}$$

Deducimos, en seguida:

$$BH=\sqrt{HE^2+BE^2}=\sqrt{\frac{l^2}{9}+\left(\frac{l^2}{6R}\right)^2}=\frac{l}{3}\sqrt{1+\left(\frac{l}{2R}\right)^2}$$

Ahora:

$$\cos\theta=\frac{HE}{BH}=\frac{\frac{l}{3}}{BH}=\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{l}{2R}\right)^2}}$$

Reemplacemos este valor en 9) y obtendremos:

10)
$$k=\frac{\sqrt{1+\left(\frac{l}{2R}\right)^2}^{\frac{3}{2}}}{6Rl}$$

Se obtiene así una fórmula más completa de la parábola cúbica, o parábola relativamente larga:

11)
$$y=\frac{\sqrt{1+\left(\frac{l}{2R}\right)^2}^{\frac{3}{2}}}{6Rl}x^3$$

De la figura se deducen los valores de $\underline{\underline{a}}$ y del desplazamiento $\underline{\underline{f}}$:

$$a=l-R\operatorname{sen}\theta$$
$$f=Y_f-R\ (1-\cos\theta)$$

Las Tablas se calcularon aprovechando la fórmula 11).

Cálculo de la abcisa x

Se ha adoptado en las Tablas una longitud L del arco de parábola obtenido con la condición fijada por las Normas Alemanas.

$$L\gtreqqless\begin{cases}8\text{ V.h.}\\ 400\text{ h. (mínimo)}\end{cases}$$

V está expresado en km/h. siendo el mínimo de L igual a 400h (h es el peralte).

El valor de L se ha redondeado a los 10 metros.

La parábola se ha dividido de 10 en 10 metros y los puntos que así han resultado son los determinados por las coordenadas x e y y por el estacado taquimétrico.

Calcularemos x aprovechando la ecuación de la clotoide que como ya hemos dicho es la curva que cumple matemáticamente con la condición:

$$\frac{1}{P}=ks$$

Si un cuerpo en su movimiento recorre esa curva, podemos decir que la curvatura de la trayectoria varía linealmente con el camino recorrido.

Si de la ecuación de la clotoide que da el valor de x en función del arco s, tomamos solamente los dos primeros términos del segundo miembro, se obtiene:

$$x=s-k^2\frac{s^5}{40} \qquad 12)$$

en que s es la longitud del arco desde el origen y la constante k es:

$$k=\frac{1}{Ps}$$

Reemplacemos este valor en 12) y obtenemos:

$$x=s-\frac{s^3}{40\,P^2} \qquad 13)$$

Para la abcisa $s=l$ el valor de P es R; luego $k=\dfrac{1}{R\,l}$ y

$$\frac{1}{P}=\frac{s}{Rl} \qquad 14)$$

Reemplazando el valor de P en 13) se obtiene:

$$x=s-\frac{s^5}{40\,R^2L^2} \qquad 15)$$

Cerca del origen la parábola cúbica se aproxima a la clotoide.

En el caso de curvas ferroviarias basta calcular con 15) el valor de la abcisa de la parábola cúbica.

Cálculo de la longitud de una cuerda V_s, aplicada desde el origen

(Ver la Fig. 3)

Sea a el arco de una circunferencia, que corresponde a una cuerda c

Se tiene:

$$a=2R\delta \qquad 16)$$

$$c = 2R\,\text{sen}\,\frac{\ }{2} = 2R\,\text{sen}\,\delta$$

Calculemos la diferencia $\Delta = a - c$

17) $$\Delta = a - c = 2R\,(\delta - \text{sen}\,\delta)$$

El desarrollo en serie de sen δ es:

$$\text{sen}\,\delta = \delta - \frac{\delta^3}{1\cdot 2\cdot 3} + \cdots\cdots\cdots$$

valor que introducido en la ecuación 17) da:

18) $$\Delta = 2R\left(\delta - \delta + \frac{\delta^3}{6}\right) = \frac{1}{3} R\,\delta^3$$

Sustituyendo en esta ecuación el valor de δ de la ecuación 16) se obtiene:

19) $$\Delta = \frac{a^3}{24\,R^2}$$ (Ver la Fig. 4)

Sea A un punto cualquiera de la parábola PC-PCC y s el arco correspondiente y V_s la cuerda, medida desde el origen P.C. (o rayo visual).

Asimilando el arco de parábola a un arco circular, aproximación que basta para nuestro objeto, tendremos:

20) $$s - V = \frac{s^3}{24\ \ ^2}$$

blica se cumple la expresión: $P = \frac{2Rl}{x}$; luego:

P es el radio de curvatura en el punto A. En la parábola cú-

$$s - V_s = -\frac{s^3}{96\,R^2}\left(\frac{x}{l}\right)^2$$

Por consiguiente:

$$V_s = s - \frac{s^3}{96\,R^2}\left(\frac{x}{l}\right)^2$$

Para $x = l$ el valor de Δ es:

22) $$\Delta_l = \frac{L^3}{96\,R^2}$$

Según ecuación 15)

$$s - x = \frac{s^5}{40\,R^2L^2}$$

Para el valor $x = l$ esta diferencia es:

23) $$L - l = \frac{L^3}{40\,R^2}$$

De ecuaciones 21) y 23) se deduce:

24) $$L - l = \frac{10}{24}(L - l)$$

El valor de V es:

$$V = L - \frac{10}{24}(L - l) \qquad (25)$$

La igualdad 24) nos indica que la diferencia entre la longitud total L de la parábola cúbica y la cuerda total (último rayo visual de PC a Y_f) es igual a $\frac{10}{24}$ de la diferencia entre la longitud total L de la parábola y su proyección l.

(Ver Fig. 5)

Las ecuaciones de las Tablas:

$$VPC = (R + f)\,tg\frac{\alpha}{2} + a$$

y

$$\begin{cases} D = 2L + R(\alpha - 2\delta)\,\dfrac{\pi}{200} & \text{Angulos centesimales} \\ D = 2L + R(\alpha - 2\delta)\,\dfrac{\pi}{180} & \text{» sexagesimales} \end{cases}$$

es fácil deducirlas de las figuras.

Manera de estacar la parábola con taquímetro

(Ver Fig. 6).

Se coloca el instrumento en el principio de la curva, P C.

Un extremo de la huincha de 10 metros se coloca en P C. La intersección de la visual dirigida con el ángulo delta 1 y el extremo de la huincha determina el punto 1 de la parábola cúbica.

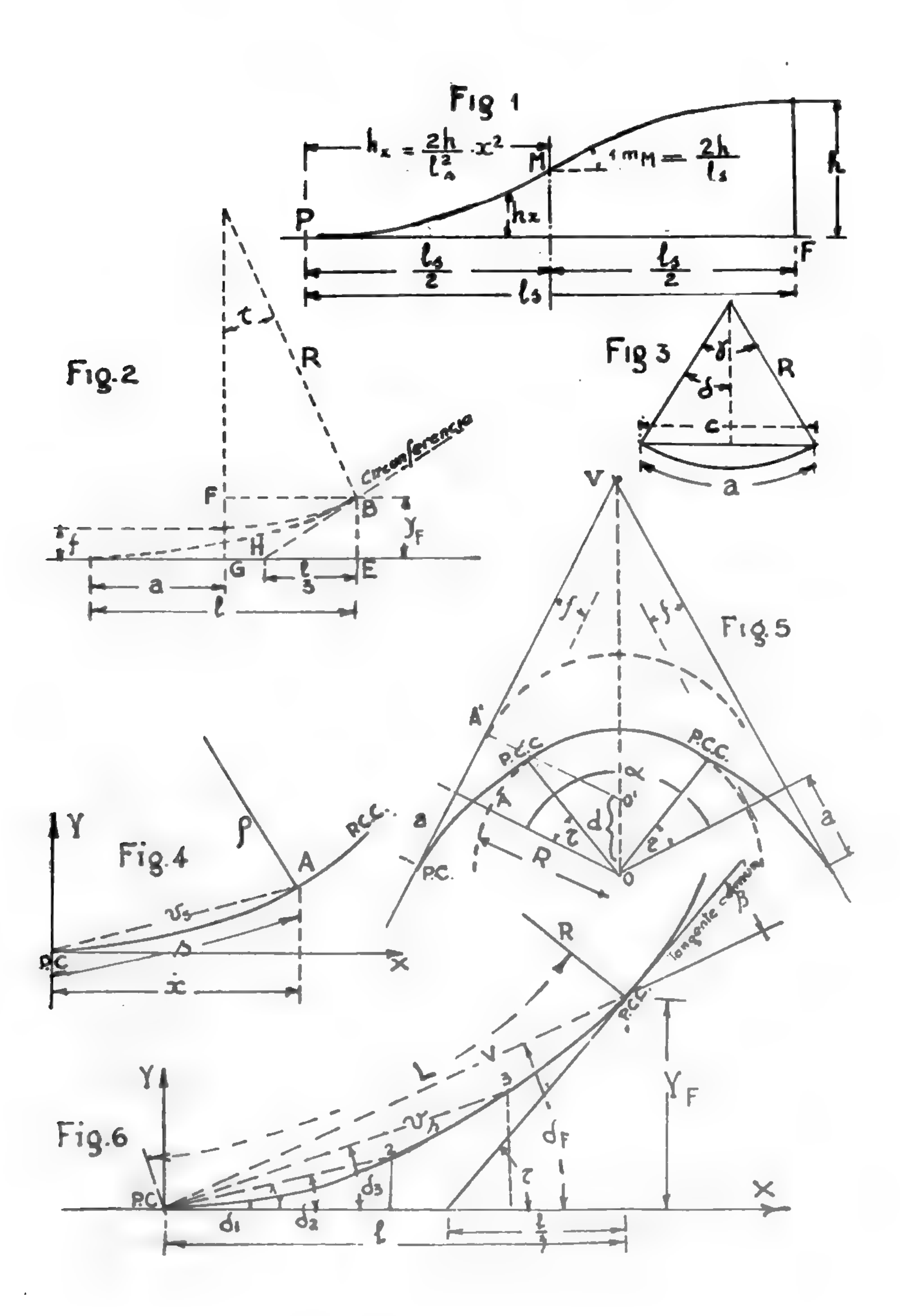
En seguida el extremo de la huincha se coloca en 1; se dirige la visual con el ángulo delta 2. La intersección de esta visual y el otro extremo de la huincha determina el punto 2 de la parábola, etc.

Un punto muy importante es el P.C.C., punto común a la parábola y a la circunferencia. La posición de este punto puede verificarse con sus coordenadas ortogonales o con una nueva visual con ángulo δ_f y la longitud V.

Una vez estacados todos los puntos de la curva de transición se traslada el instrumento al punto P.C.C. Desde aquí se visa el punto P.C.; en seguida se gira el anteojo del ángulo horizontal beta y queda así marcando la dirección de la tangente en el punto común de la parábola y de la curva circular. Conviene que el nonio marque 0° en aquella posición del anteojo.

Después que se encuentra así establecida la dirección de la tangente a la circunferencia, se continúa el estacado de ésta, utilizando el procedimiento corriente de las deflexiones angulares.

Es aconsejable empezar el estacado desde los principios de curvas y cerrar en el punto medio del arco de circunferencia.


Fig 1
Fig. 2
Fig 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
circunferencia
tangente común
P.C.
P.C.C.

ESTACADO DE PARABOLAS CUBICAS

Denominaciones (ver figuras de la página anterior):

R : radio de la circunferencia.

L : longitud total del arco de parábola cúbica que se emplea como curva de transición. Se adopta para estas parábolas una longitud que contenga huinchadas exactas de 10 m. cada una.

s : distancia medida en el arco, desde el origen hasta un punto cualquiera de la parábola.
Conviene que los puntos 1, 2, 3, etc., por estacar, de la parábola, se tomen a distancias s que varíen de 10 en 10 metros.

x, y : coordenadas ortogonales de los puntos de la parábola, estando el origen en el principio de la curva ($P.C$). El eje de las X es la prolongación de la tangente principal (elemento recto del trazado).

l : proyección de la parábola sobre el eje de las X, o sea, es la abscisa correspondiente al extremo ($P.C.C.$) de la parábola.

a : distancia desde el principio de curva ($P.C.$) hasta la proyección sobre la tangente principal, del punto de tangencia de la circunferencia con la paralela a aquella tangente (Figura 2).

τ : ángulo que forma la tangente a la parábola trazada en su punto extremo ($P.C.C.$), con el eje de las X.

Y_F : ordenada en el punto extremo de la parábola ($P.C.C.$).

f : distancia desde la tangente principal hasta la circunferencia que se supone desplazada, en la dirección de la bisectriz del ángulo que forman los elementos rectos, desde su posición tangente a esos elementos hasta dejar espacio para introducir las parábolas (Fig. 5).

d : desplazamiento de la circunferencia según la bisectriz como se explica en f.

δ : ángulo que forma la visual dirigida desde el principio de curva ($P.C$) hasta un punto cualquiera de la parábola, con la tangente principal (Fig. 6).

δ_F : ángulo δ correspondiente al punto extremo de la parábola ($P.C.C.$).

v_s : longitud del rayo polar (visual) correspondiente a un punto de la parábola que dista s desde el origen.

V : longitud v_s correspondiente al extremo de la parábola ($P.C.C.$).

$\overline{V.P.C}$: longitud de la tangente, medida desde el vértice en que se unen dos elementos rectos hasta el principio de la curva ($P.C$) (Fig. 5).

D : desarrollo de la curva que comprende un arco de circunferencia y dos arcos de parábola de igual longitud.

DATOS PARA CALCULAR LOS ELEMENTOS DE UNA PARABOLA CUBICA

Se adopta para las parábolas cúbicas, una longitud L que contenga huinchadas exactas de 10 m. cada una. Los arcos s varían de 10 en 10 m.

En seguida se calculan las coordenadas ortogonales x e y correspon-

dientes a los extremos 1, 2, 3, etc., de las huinchadas s medidas en el arco de la parábola.

1) $x = s - \dfrac{s^5}{40\, R^2\, L^2}$

2) $y = m \,.\, x^3$

3) $m = \dfrac{\sqrt{1 + \left(\dfrac{l}{2R}\right)^2}^{\,3}}{6 \,.\, R \,.\, l}$

4) $a = l - R \text{ sen } \tau$

5) $\text{tg } \tau = \dfrac{3 \,.\, Y_F}{l}$

6) $Y_F = m \,.\, l^3 = \dfrac{\left(\sqrt{1 + \left(\dfrac{l}{R2}\right)^2}^{\,3}\right) . \, l^2}{6\, R}$

7) $f = Y_F - R(1 - \cos \tau)$

8) $d = \dfrac{f}{\cos \dfrac{\alpha}{2}}$

9) $\text{tg } \delta = \dfrac{y}{x}$

10) $\beta = \tau - \delta_F$

11) $v_s = s - \dfrac{s^3}{96 \,.\, R^2} \,.\, \left(\dfrac{x}{l}\right)^2$

12) $V = L - \dfrac{l^{\,3}}{96 \,.\, R^2}$

13) $V\, \overline{PC} = (R + f) \,.\, \text{tg } \dfrac{\alpha}{2} + a$

14)

$D = 2\, L + R\, (\alpha - 2\, \tau) \,.\, \dfrac{\pi}{200}$ Angulos en grados centesimales

$D = 2\, L + R\, (\alpha - 2\, \tau) \,.\, \dfrac{\pi}{180}$ Angulos en grados sexagesimales

Se adopta el valor L igual a:

$$L \gtreqless \begin{cases} 8\, V \,.\, h \\ 400\ h \end{cases} \text{(mínimo)}$$

V es la velocidad en km/hora.
h es el peralte.

COORDENADAS

	300 metros		400 metros		500 metros	
R	300 metros		400 metros		500 metros	
L	40 »		80 »		80 »	
l	39,982 »		79,920 »		79,949 »	
$\frac{l}{3}$	13,327 »		26,640 »		26,650 »	
a	19,903 »		39,567 »		39,721 »	
f	0,221 »		0,661 »		0,530 »	
$\frac{1}{m}$	71 491,3 »		188 972,1 »		237 565,1 »	
s	x	y	x	y	x	y
10	10,000	0,014	10,000	0,005	10,000	0,004
20	20,000	0,112	20,000	0,042	20,000	0,034
30	29,996	0,378	29,999	0,143	30,000	0,114
40	39,982	0,894	39,997	0,339	39,998	0,269
50			49,992	0,661	49,945	0,526
60			59,981	1,142	59,988	0,909
70			69,959	1,812	69,974	1,442
80			79,920	2,701	79,949	2,151
90						
100						

	600 metros		700 metros		800 metros	
R	600 metros		700 metros		800 metros	
L	80 »		80 »		90 »	
l	79,964 »		79,974 »		89,972 »	
$\frac{l}{3}$	26,655 »		26,658 »		29,991 »	
a	39,806 »		39,857 »		44,844 »	
f	0,443 »		0,380 »		0,420 »	
$\frac{1}{m}$	285 965,2 »		334 252,8 »		429 823,1 »	
s	x	y	x	y	x	y
10	10,000	0,003	10,000	0,003	10,000	0,002
20	20,000	0,028	20,000	0,024	20,000	0,019
30	30,000	0,094	30,000	0,081	30,000	0,063
40	39,999	0,224	39,999	0,191	40,000	0,149
50	49,997	0,437	49,998	0,374	49,999	0,291
60	59,992	0,755	59,994	0,646	59,996	0,503
70	69,982	1,198	69,987	1,026	69,992	0,798
80	79,964	1,788	79,974	1,530	79,984	1,191
90					89,972	1,694
100						

COORDENADAS

	900 metros	1000 metros	1100 metros
R	900 metros	1000 metros	1100 metros
L	90 »	90 »	90 »
l	89,978 »	89,982 »	89,985 »
$\frac{l}{3}$	29,993 »	29,994 »	29,995 »
a	44,877 »	44,900 »	44,917 »
f	0,374 »	0,337 »	0,306 »
$\frac{1}{m}$	484 063,1 »	538 255,6 »	592 413,3 »

s	x	y	x	y	x	y
10	10,000	0,002	10,000	0,002	10,000	0,002
20	20,000	0,017	20,000	0,015	20,000	0,014
30	30,000	0,056	30,000	0,050	30,000	0,046
40	40,000	0,132	40,000	0,119	40,000	0,108
50	49,999	0,258	49,999	0,232	49,999	0,211
60	59,997	0,446	59,998	0,401	59,998	0,365
70	69,994	0,709	69,995	0,637	69,996	0,579
80	79,988	1,058	79,990	0,951	79,992	0,864
90	89,978	1,505	89,982	1,354	89,985	1,230
100						

	1200 metros	1300 metros	1500 metros
R	1200 metros	1300 metros	1500 metros
L	100 »	100 »	90 »
l	99,983 »	99,985 »	89,992 »
$\frac{l}{3}$	33,328 »	33,328 »	29,997 »
a	49,905 »	49,919 »	44,956 »
f	0,347 »	0,320 »	0,225 »
$\frac{1}{m}$	718 005,1 »	778 157,8 »	808 835,5 »

s	x	y	x	y	x	y
10	10,000	0,001	10,000	0,001	10,000	0,001
20	20,000	0,011	20,000	0,010	20,000	0,010
30	30,000	0,038	30,000	0,035	30,000	0,033
40	40,000	0,089	40,000	0,082	40,000	0,079
50	50,000	0,174	50,000	0,161	50,000	0,155
60	59,999	0,301	59,999	0,278	59,999	0,267
70	69,997	0,478	69,998	0,441	69,998	0,424
80	79,994	0,713	79,995	0,658	79,996	0,633
90	89,990	1,015	89,991	0,937	89,992	0,901
100	99,983	1,392	99,985	1,284		

COORDENADAS

R	2000 metros		2500 metros		3000 metros	
L	80 »		60 »		60 »	
l	80 »		60 »		60 »	
$\frac{l}{3}$	26,667 »		20 »		20 »	
a	40 »		30 »		30 »	
f	0,133 »		0,06 »		0,050 »	
$\frac{1}{m}$	960 000,0 »		900 000,0 »		1 080 000,0 »	
s	x	y	x	y	x	y
10	10	0,001	10	0,001	10	0,001
20	20	0,008	20	0,009	20	0,007
30	30	0,028	30	0,030	30	0,025
40	40	0,067	40	0,071	40	0,059
50	50	0,130	50	0,139	50	0,116
60	60	0,225	60	0,240	60	0,200
70	70	0,357				
80	80	0,533				

R	4000 metros	
L	40 »	
l	40 »	
$\frac{l}{3}$	13,333 »	
a	20 »	
1	0,017 »	
— f	960 000,0 »	
m		
s	x	y
10	10	0,001
20	20	0,008
30	30	0,028
40	40	0,067

GRADOS CENTESIMALES

R L	300 metros 40 »				
s		Angulo	β Vista atrás	τ	Ultimo rayo V
10	δ_1	0, 08 95 0			metros
20	δ_2	0, 35 61 7			
30	δ_3	0, 80 21 6			
40	δ_4	1, 42 33 7	2, 84 07 7	4, 26 41 4	39,993
50	δ_5				
60	δ_6				
70	δ_7				
80	δ_8				

R L	400 metros 80 »				
s		Angulo	β Vista atrás	τ	Ultimo rayo V
10	δ_1	0, 03 19 1			metros
20	δ_2	0, 13 34 5			
30	δ_3	0, 30 37 1			
40	δ_4	0, 53 76 8			
50	δ_5	0, 84 16 3			
60	δ_6	1, 21 20 0			
70	δ_7	1, 64 87 7			
80	δ_8	2, 15 07 1	4, 28 20 0	6, 43 27 1	79,966

R L	500 metros 80 »				
s		Angulo	β Vista atrás	τ	Ultimo rayo V
10	δ_1	0, 02 56 2			metros
20	δ_2	0, 10 80 2			
30	δ_3	0, 24 19 7			
40	δ_4	0, 42 77 8			
50	δ_5	0, 66 97 6			
60	δ_6	0, 96 41 9			
70	δ_7	1, 31 17 3			
80	δ_8	1, 71 19 7	3, 41 55 0	5, 12 74 7	79,979

GRADOS CENTESIMALES

R *L*	600 metros 80 »				
s	*Angulo*		*β* *Vista atrás*	*τ*	*Ultimo rayo V*
10	δ_1	0, 02 22 2			metros
20	δ_2	0, 08 95 0			
30	δ_3	0, 19 90 8			
40	δ_4	0, 35 61 7			
50	δ_5	0, 55 61 8			
60	δ_6	0, 80 06 2			
70	δ_7	1, 09 01 2			
80	δ_8	1, 42 33 7	2, 84 07 7	4, 26 41 4	79,985

R *L*	700 metros 80 »				
s	*Angulo*		*β* *Vista atrás*	*τ*	*Ultimo rayo V*
10	δ_1	0, 01 91 4			metros
20	δ_2	0, 07 65 4			
30	δ_3	0, 17 16 0			
40	δ_4	0, 30 37 0			
50	δ_5	0, 47 62 3			
60	δ_6	0, 68 58 1			
70	δ_7	0, 93 30 3			
80	δ_8	1, 21 77 4	2. 43 26 8	3, 65 04 2	79,989

R *L*	800 metros 90 »				
s	*Angulo*		*β* *Vista atrás*	*τ*	*Ultimo rayo V*
10		0, 01 26 5			metros
20	δ_2	0, 06 05 0			
30	δ_3	0, 13 33 3			
40	δ_4	0, 23 70 3			
50	δ_5	0, 37 03 7			
60	δ_6	0, 53 33 3			
70	δ_7	0, 72 53 1			
80	δ_8	0, 94 75 3			
90	δ_9	1. 19 85 7	2, 39 44 5	3, 59 30 2	89,988

GRADOS CENTESIMALES

R / *L*	900 metros / 90 »				
s		*Angulo*	β *Vista atrás*	τ	*Ultimo rayo V*
10	δ_1	0, 01 26 5			metros
20	δ_2	0, 05 43 2			
30	δ_3	0, 11 88 3			
40	δ_4	0, 21 01 8			
50	δ_5	0, 32 80 8			
60	δ_6	0, 47 31 5			
70	δ_7	0, 64 50 6			
80	δ_8	0, 84 22 8			
90	δ_9	1, 06 51 3	2, 12 64 4	3, 19 15 7	89,991

R / *L*	1000 metros / 90 »				
s		*Angulo*	β *Vista atrás*	τ	*Ultimo rayo V*
10	δ_1	0, 01 26 5			metros
20	δ_2	0, 04 78 4			
30	δ_3	0, 10 61 7			
40	δ_4	0, 18 88 9			
50	δ_5	0, 29 56 8			
60	δ_6	0, 42 53 1			
70	δ_7	0, 57 90 1			
80	δ_8	0, 75 67 9			
90	δ_9	0, 95 78 6	1, 91 31 0	2, 87 09 6	89,993

R / *L*	1100 metros / 90 »				
s		*Angulo*	*Vista atrás*	τ	*Ultimo rayo V*
10	δ_1	0, 01 26 5			metros
20	δ_2	0, 04 47 6			
30	δ_3	0, 09 75 3			
40	δ_4	0, 17 16 1			
50	δ_5	0, 26 88 3			
60	δ_6	0, 38 70 4			
70	δ_7	0, 52 62 4			
80	δ_8	0, 68 76 6			
90	δ_9	0, 87 03 7	1, 73 86 1	2, 60 89 8	89,994

GRADOS CENTESIMALES

R L	1200 metros 100 »				
s	Angulo		β Vista atrás	τ	Ultimo rayo V
10	δ_1	0, 01 20 4			metros
20	δ_2	0, 03 51 9			
30	δ_3	0, 08 11 7			
40	δ_4	0, 14 10 5			
50	δ_5	0, 22 16 0			
60	δ_6	0, 31 91 3			
70	δ_7	0, 43 48 8			
80	δ_8	0, 56 69 8			
90	δ_9	0, 71 79 0			
100	δ_{10}	0, 88 63 0	1, 77 11 7	2, 65 74 7	99,993

R L	1300 metros 100 »				
s	Angulo		β Vista atrás	τ	Ultimo rayo V
10	δ_1	0, 01 20 4			metros
20	δ_2	0, 03 17 9			
30	δ_3	0, 07 46 9			
40	δ_4	0, 13 02 5			
50	δ_5	0, 20 49 3			
60	δ_6	0, 29 50 6			
70	δ_7	0, 40 09 3			
80	δ_8	0, 52 28 4			
90	δ_9	0, 66 29 6			
100	δ_{10}	0, 81 73 7	1, 63 50 4	2, 45 24 1	99,994

R L	1500 metros 90 »				
s	Angulo		β Vista atrás	τ	Ultimo rayo V
10	δ_1	0, 01 20 4			metros
20	δ_2	0, 03 17 9			
30	δ_3	0, 07 03 7			
40	δ_4	0, 12 50 0			
50	δ_5	0, 19 72 3			
60	δ_6	0, 28 36 4			
70	δ_7	0, 38 58 0			
80	δ_8	0, 50 37 0			
90	δ_9	0, 63 72 9	1, 27 44 1	1, 91 17 0	89,997

GRADOS CENTESIMALES

R L	2000 metros 80 »				
s	Angulo		β *Vista atrás*	τ	*Ultimo rayo V*
10	δ_1	0, 01 20 4			metros
20	δ_2	0, 02 56 2			
30	δ_3	0, 05 92 6			
40	δ_4	0, 10 61 7			
50	δ_5	0, 16 54 3			
60	δ_6	0, 23 88 9			
70	δ_7	0, 32 43 8			
80	δ_8	0. 42 39 9	0. 84 93 1	1. 27 33 0	80.000

R L	2500 metros 60 »				
s	Angulo		β *Vista atrás*	τ	*Ultimo rayo V*
10	δ_1	0, 01 20 4			metros
20	δ_2	0, 02 87 1			
30	δ_3	0, 06 38 9			
40	δ_4	0, 11 26 5			
50	δ_5	0, 17 68 6			
60	δ_6	0. 25 47 9	0, 50 89 4	0, 76 37 3	60.000

R L	3000 metros 60 »				
s	Angulo		β *Vista atrás*	τ	*Ultimo rayo V*
10	δ_1	0, 01 20 4			metros
20	δ_2	0, 02 22 2			
30	δ_3	0, 05 30 9			
40	δ_4	0, 09 38 2			
50	δ_5	0, 14 75 3			
60	δ_6	0, 21 19 7	0, 42 46 7	0. 63 66 4	60,000

R L	4000 metros 40 »				
s	Angulo		β *Vista atrás*	τ	*Ultimo rayo V*
10	δ_1	0, 01 20 4			metros
20	δ_2	0, 02 56 2			
30	δ_3	0, 05 92 6			
40	δ_4	0, 10 61 7	0, 21 30 8	0, 31 92 5	40,000

GRADOS SEXAGESIMALES

R / *L*	300 metros / 40 »				
s		*Angulo*	β *Vista atrás*	τ	*Ultimo rayo V*
		° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	*metros*
10	δ_1	0 4 50			
20	δ_2	0 19 14			
30	δ_3	0 43 19			
40	δ_4	1 16 51,7	2 33 24,1	3 50 15,8	39,993
50	δ_5				
60	δ_6				
70	δ_7				
80	δ_8				

R / *L*	400 metros / 80 »				
s		*Angulo*	β *Vista atrás*	τ	*Ultimo rayo V*
		° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	*metros*
10	δ_1	0 1 43			
20	δ_2	0 7 12			
30	δ_3	0 16 24			
40	δ_4	0 29 2			
50	δ_5	0 45 27			
60	δ_6	1 5 27			
70	δ_7	1 29 2			
80	δ_8	1 56 8,3	3 51 13,7	5 47 22	79,966

R / *L*	500 metros / 80 »				
s		*Angulo*	β *Vista atrás*	τ	*Ultimo rayo V*
		° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	*metros*
10.	δ_1	0 1 23			
20	δ_2	0 5 50			
30	δ_3	0 13 4			
40	δ_4	0 23 6			
50	δ_5	0 36 10			
60	δ_6	0 52 4			
70	δ_7	0 10 50			
80	δ_8	1 32 26,8	3 4 26,2	4 36 53,0	79,979

GRADOS SEXAGESIMALES

R L	600 metros 80 »				
s		*Angulo*	β *Vista atrás*	τ	*Ultimo rayo V*
		° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	*metros*
10	δ_1	0 1 12			
20	δ_2	0 4 50			
30	δ_3	0 10 45			
40	δ_4	0 19 14			
50	δ_5	0 30 2			
60	δ_6	0 43 14			
70	δ_7	0 58 52			
80	δ_8	1 16 51,7	2 33 24,1	3 50 15,8	79,985

R L	700 metros 80 »				
s		*Angulo*	β *Vista atrás*	τ	*Ultimo rayo V*
		° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	*metros*
10	δ_1	0 1 2			
20	δ_2	0 4 8			
30	δ_3	0 9 16			
40	δ_4	0 16 24			
50	δ_5	0 25 43			
60	δ_6	0 37 2			
70	δ_7	0 50 23			
80	δ_8	1 5 45,5	2 11 21,9	3 17 7,4	79,989

R L	800 metros 90 »				
s		*Angulo*	β *Vista atrás*	τ	*Ultimo rayo V*
		° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	*metros*
10	δ_1	0 0 41			
20	δ_2	0 3 16			
30	δ_3	0 7 12			
40	δ_4	0 12 48			
50	δ_5	0 20 0			
60	δ_6	0 28 48			
70	δ_7	0 39 10			
80	δ_8	1 4 43,4	2 9 18,0	3 14 1,4	89,988

GRADOS SEXAGESIMALES

R L	900 metros 90 »				
s		Angulo	β Vista atrás	τ	Ultimo rayo V
		° ′ ″		° ′ ″	metros
10	δ_1	0 0 41			
20	δ_2	0 2 56			
30	δ_3	0 6 25			
40	δ_4	0 11 21			
50	δ_5	0 17 43			
60	δ_6	0 25 33			
70	δ_7	0 34 50			
80	δ_8	0 45 29			
90	δ_9	0 57 31,0	1 54 49,7	2 52 20.7	89,991

R L	1000 metros 90 »				
s		Angulo	β Vista atrás	τ	Ultimo rayo V
		° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	metros
10	δ_1	0 0 41			
20	δ_2	0 2 35			
30	δ_3	0 5 44			
40	δ_4	0 10 12			
50	δ_5	0 15 58			
60	δ_6	0 22 58			
70	δ_7	0 31 16			
80	δ_8	0 40 52			
90	δ_9	0 51 43,5	1 43 18.4	2 35 1,9	89,993

R L	1100 metros 90 »				
s		Angulo	β Vista atrás	τ	Ultimo rayo V
		° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	metros
10	δ_1	0 0 41			
20	δ_2	0 2 25			
30	δ_3	0 5 16			
40	δ_4	0 9 16			
60	δ_5	0 14 31			
50	δ_6	0 20 54			
70	δ_7	0 28 25			
80	δ_8	0 37 8			
90	δ_9	0 47 0,0	1 33 53.1	2 20 53,1	89,994

GRADOS SEXAGESIMALES

R L		1200 metros 100 »			
s		Angulo	β Vista atrás	τ	Ultimo rayo V
		° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	metros
10	δ_1	0 0 39			
20	δ_2	0 1 54			
30	δ_3	0 4 23			
40	δ_4	0 7 37			
50	δ_5	0 11 58			
60	δ_6	0 17 14			
70	δ_7	0 23 29			
80	δ_8	0 30 37			
90	δ_9	0 38 46			
100	δ_{10}	0 47 51,6	1 35 38,6	2 23 30,2	99,993

R L		1300 metros 100 »			
s		Angulo	β Vista atrás	τ	Ultimo rayo V
		° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	metros
10	δ_1	0 0 39			
20	δ_2	0 1 43			
30	δ_3	0 4 2			
40	δ_4	0 7 2			
50	δ_5	0 11 4			
60	δ_6	0 15 56			
70	δ_7	0 21 39			
80	δ_8	0 28 14			
90	δ_9	0 35 48			
100	δ_{10}	0 44 8,3	1 28 17,5	2 12 25,8	99,994

R L		1500 metros 90 »			
s		Angulo	β Vista atrás	τ	Ultimo rayo V
		° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	metros
10	δ_1	0 0 39			
20	δ_2	0 1 43			
30	δ_3	0 3 48			
40	δ_4	0 6 45			
50	δ_5	0 10 39			
60	δ_6	0 15 19			
70	δ_7	0 20 50			
80	δ_8	0 27 12			
90	δ_9	0 34 24,8	1 8 49,1	1 43 13,9	89,997

GRADOS SEXAGESIMALES

R *L*		2000 metros 80 »			
s		*Angulo*	β *Vista atrás*	τ	*Ultimo rayo V*
		° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	*metros*
10	δ_1	0 0 39			
20	δ_2	0 1 23			
30	δ_3	0 3 12			
40	δ_4	0 5 44			
50	δ_5	0 8 56			
60	δ_6	0 12 54			
70	δ_7	0 17 31			
80	δ_8	0 22 53,7	0 45 51,8	1 8 45,5	80,000

R *I*		2500 metros 60 »			
s		*Angulo*	β *Vista atrás*	τ	*Ultimo rayo V*
		° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	*metros*
10	δ_1	0 0 39			
20	δ_2	0 1 33			
30	δ_3	0 3 27			
40	δ_4	0 6 5			
50	δ_5	0 9 33			
60	δ_6	0 13 45,5	0 27 29	0 41 14,5	60,000

R *L*		3000 metros 60 »			
s		*Angulo*	β *Vista atrás*	τ	*Ultimo rayo V*
		° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	*metros*
10	δ_1	0 0 39			
20	δ_2	0 1 12			
30	δ_3	0 2 52			
40	δ_4	0 5 4			
50	δ_5	0 7 58			
60	δ_6	0 11 26,8	0 22 55,9	0 34 22,7	60,000

GRADOS SEXAGESIMALES

R		4000 metros			
L		40 »			
s		*Angulo*	β *Vista atrás*	τ	*Ultimo rayo V*
		° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	*metros*
10	δ_1	0 0 39			
20	δ_2	0 1 23			
30	δ_3	0 3 12			
40	δ_4	0 5 44,0	0 11 30,4	0 17 14,4	40,000

CONCLUSIONES

1º Estimo indispensable que los ferrocarriles nuevos de trocha 1 metro o más, se construyan a base de un estacado que contenga las curvas de transición que deben unir los elementos rectos de la vía a las curvas circulares.

2º Se recomienda que en los ferrocarriles nuevos y existentes se emplee la parábola cúbica como curva de transición, en planta, en la cual se desarrolla íntegramente el peralte, según una ley lineal.

3º Si en ferrocarriles existentes hay obstáculos que impidan el total desplazamiento de la curva circular que exige la parábola cúbica, se recomienda el empleo de la rampa de peralte en S, compuesta de dos arcos de parábola de 2º grado, simétricos, inversos, que exige solamente la mitad del desplazamiento a que obliga la rampa lineal de peralte (parábola cúbica, en planta) y ofrece un rodado suave.

BIBLIOGRAFIA

«The String Lining of Curves Made Easy» Ch. Bartlett.
«Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers».
«Methodes de rectification, du tracé des courbes de Chemins de Fer par correction des fleches». M. J. Chapellet.
«Tablas de Wronecki».
«Kurven-Tabellen». Sarrazin.
Oberbeck-Hoefer. — Edición 58 de 1938.
«Trazado de Ferrocarriles». Ric. Fontaine Maury.
«Abstecken und Vermarken von Gleisbogen nach dem Winkelbildverfahren». Ferrocarriles Alemanes 1937.
«Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens». Nos. 10 y 24 de 1937.
«Konmentar zur Eisenbahn-Bau und Betrielssordnung». Besser-1934.
«Vermessungskunde». Ferrocarriles Alemanes - 1938.

INFORME DEL RELATOR

El Ingeniero Civil don Juan Villalobos Rojas, de los Ferrocarriles del Estado, Chile, expresa su opinión favorable al sistema Nalenz-Höefer, empleado en los ferrocarriles alemanes para la corrección de curvas de los trazados, considerando además que el procedimiento de C. H. Bartlett es laborioso y requiere bastante experiencia para llegar a obtener los desplazamientos de los rieles.

El autor efectúa luego un análisis de las rampas rectas y rampas en S para terminar expresando que con la preparación actual del personal de los ferrocarriles chilenos conviene emplear en los ferrocarriles nuevos la rampa recta de una longitud no inferior a 400 veces el peralte, para velocidades inferiores a 100 k/h y para velocidades superiores a ese valor, una longitud mínima de 800 veces el peralte.

Continúa la exposición del Ingeniero Villalobos con las ecuaciones necesarias para calcular todos los elementos de las curvas de transición llegando a una fórmula más completa de la parábola cúbica, o parábola larga, la que le ha servido para calcular las tablas adjuntas al informe.

Las conclusiones del interesante y laborioso trabajo del Ingeniero Villalobos Rojas, cuya aprobación se propone al Congreso, son las siguientes:

1º Es indispensable que los ferrocarriles nuevos de trocha de un metro o más se construyan a base de un estacado que contenga las curvas de transición que deben unir los elementos rectos de la vía a las curvas circulares.

2º Se recomienda que en los ferrocarriles nuevos y existentes se emplee la parábola cúbica como curva de transición, en planta, en la cual se desarrolla íntegramente el peralte, según una ley lineal.

3º Si en los ferrocarriles existentes hay obstáculos que impidan el total desplazamiento de la curva circular que exige la parábola cúbica, se recomienda el empleo de la rampa de peralte en S, compuesta de dos arcos de parábola de segundo grado, simétricos, inversos, que exige solamente la mitad del desplazamiento a que obliga la rampa lineal de peralte (parábola cúbica, en planta) y ofrece un rodado suave.

Se aconseja la publicación del trabajo del Ingeniero Villalobos Rojas.

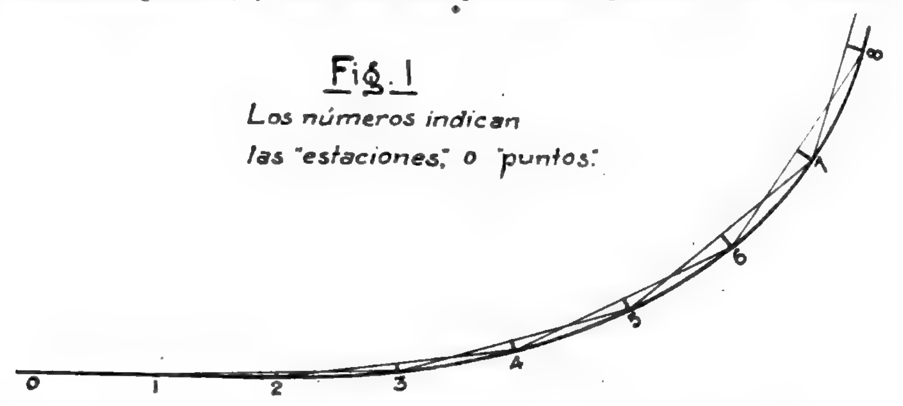
ALINEACION DE CURVAS A PIOLIN. — ALGUNAS OBSERVACIONES Y DOS PROBLEMAS

Por el Ingeniero P. E. KNIGHT

Hace algunos años se publicó en forma de libro y en idioma inglés un trabajo del autor, titulado «String Lining of Railway Curves» (*The Railway Gazette*, Londres, 1938). En contradistinción con los varios métodos gráficos o gráfico-aritméticos de alineación de curvas de ferrocarril «a piolín», el sistema descripto es puramente aritmético. Sus ba-

ses fueron publicadas en una serie de artículos por el señor Charles H. Bartlett en *Railway Engineering and Maintenance* entre enero y julio de 1928, reproducidos más tarde en forma de librito (*Simmons-Boardman Publishing Company*, Nueva York). En el libro mencionado, el autor amplificó la obra del señor Bartlett, completándola, por así decirlo, con el tratamiento del tema de las curvas de transición, y publicando tablas que simplican el cálculo de estas y permiten su inserción con facilidad en curvas originalmente construídas como sencillos arcos de círculo.

Es la opinión del escritor, después de haber examinado muchos métodos de cálculo distintos, que el sistema originado por el señor Bartlett, por su sencillez, rapidez, bajo costo, y seguridad contra los errores, es el mejor de todos, y que no ha recibido la atención merecida en los círculos ferroviarios latino-americanos. No es su intención atacar a otros métodos, cada uno de los cuales tiene sus fieles, ni hacer comparaciones entre ellos, tarea esta que llenaría un libro grande, pero sí debe señalar ligeramente algunos de sus defectos. a) Los métodos aritmético-gráficos, y más aún los puramente gráficos, llevan mucho



más tiempo, y, entre paréntesis, gastan mucho papel cuadriculado; b) dependen mucho, algunos en grado sumo, de la habilidad del operador, tanto en su destreza manual como dibujante, como en su agilidad mental como calculista; c) como primer corolario, es fácil la comisión de errores, y engorrosa su corrección, cuando no pasan desapercibidos; d) como ssegundo corolario, la revisión por otra persona es dificultosa; y e) a lo menos dos de ellos, uno aritmético y el otro aritmético-gráfico, adolecen de vicios propios, y sus reglas para la «corrección» de curvas contienen yerros matemáticos que pueden a veces llegar a producir errores más grandes de los que pretenden corregir.

Pero el sistema básico de la alineación de curvas a piolín está ya firmemente establecido en casi todos los ferrocarriles del mundo, y sus principios fundamentales casi no necesitan explicación. Bastará una reseña muy breve de la manera en que se hace la medición. En el sistema Bartlett, como en los demás, se marcan puntos equidistantes sobre el riel exterior de la curva, desde una tangente hasta la otra. La distancia entre puntos es preferiblemente entre 10 y 15 metros, y es con-

veniente que sea un múltiplo o submúltiplo del largo de los rieles. Dos hombres llevan los extremos de un piolín fino, que sostienen contra el costado interior de la cabeza del riel en los puntos numerados 0 y 2, 1 y 3, 2 y 4, etc., y otro hombre mide la flecha, o sea el espacio entre el riel y el piolín en los puntos 1, 2, 3, etc., hasta llegar a la otra tangente, en que el valor de las flechas vuelve a cero. Las flechas se miden con preferencia en milímetros.

Es en el método de cálculo que difiere este sistema de los demás.

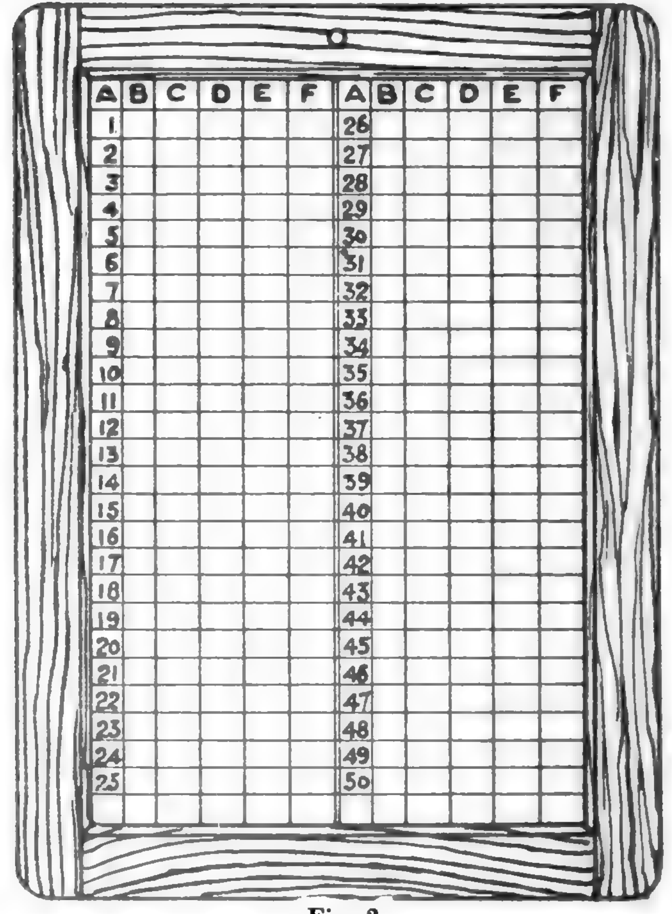


Fig. 2

No es el propósito del autor repetir el contenido del libro ya publicado, sino complementarlo con algunas consideraciones que fueron deliberadamente omitidas de aquel, en que el objeto buscado fué el de poner un método seguro y sencillo de realineación al alcance de cualquier persona que supiera sumar y restar, multiplicar y dividir o, en realidad, sumar y restar, y manejar ciegamente una regla de cálculo para la ejecución de las demás operaciones. Toda operación más avanzada fué rígidamente excluída, y si bien se incluyó un capítulo acerca de las

bases matemáticas, su lectura no es necesaria para el dominio de la aplicación práctica del método. Aquí se darán solamente los aspectos principales del sistema de cálculo, y un resumen de los fundamentos matemáticos, para pasar luego, como se ha dicho, a la consideración de dos problemas cuyas soluciones fueron omitidas del tratado anterior por las razones precitadas.

Se emplea una pizarra común de escuela, por la facilidad que ofrece de borrar, dividida en seis columnas, que pueden encabezarse A, B, C, D, E y F. (Fig. Nº 2.)

A. Contiene los números de los puntos, permanentemente grabados en la pizarra.

B. En esta columna se escriben las flechas actuales de la curva deformada por su orden, las llamadas «flechas viejas».

C. Contiene las «flechas nuevas» correspondientes a la curva corregida, es decir las que debe tener una vez alineada.

D. Es la columna de «diferencias»: D=B—C, con el signo correspondiente, positivo si B es mayor que C, negativo si es menor.

E. Es la «suma de diferencias», es decir el total de la columna D, *hasta el mismo punto.*

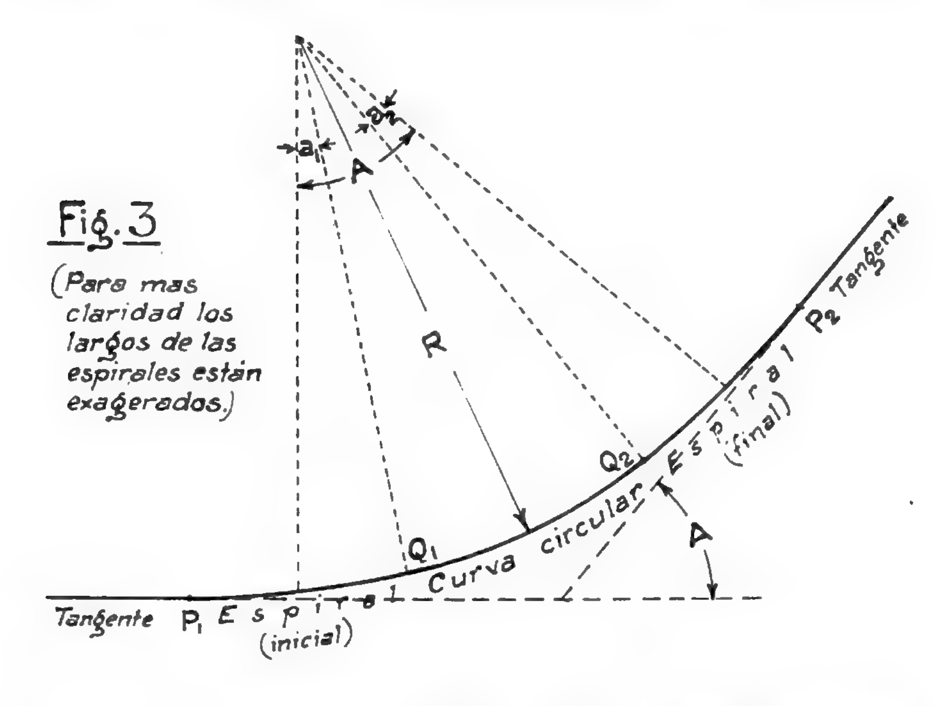
F. Es la «media-tirada», o sea la mitad de la distancia que hay que «tirar» la vía lateralmente en cada punto para que la curva asuma su nueva forma, y que las flechas tengan los valores de la columna C. F es igual al total de la columna E, *hasta el punto anterior*. Todas las sumas son algebraicas. Si F es positiva, la vía debe moverse hacia afuera, y si es negativa, hacia adentro, es decir hacia su centro de curvatura. Como la cifra es la mitad de la tirada, la distancia puede marcarse directamente con una escala cuya unidad es el doble de la usada para la medición de las flechas, por ejemplo, en doble-milímetros: 10 unidades=2 centímetros.

Se verá que para obtener la cifra E_n correspondiente a cualquier punto n, no es preciso sumar cada vez la columna *D*, porque

$$E_n = E_{n-1} + D_n \;;\quad \text{similarmente,}\quad F_n = E_{n-1} + F_{n-1}\;,\quad \text{así:}$$

A.	B.	C.	D.	E.	F.
(Número del punto)	(Flecha vieja)	(Flecha nueva)	(Diferencia)	(Suma de diferencias)	(Media-tirada)
Unidad	mm	mm			doble mm
0	0	0	0	0	0
1	B_1	C_1	$D_1 = B_1 - C_1$	$E_1 = \Sigma_0^1 D = D_1$	$F_1 = 0$
2	B_2	C_2	$D_2 = B_2 - C_2$	$E_2 = \Sigma_0^2 D = E_1 + D_2$	$F_2 = \Sigma_0^1 = E_1 + F_1$
3	B_3	C_3	$D_3 = B_3 - C_3$	$E_3 = \Sigma_0^3 D = E_2 + D_3$	$F_3 = \Sigma_0^2 E = E_2 + F_2$
n	B_n	C_n	$D_n = B_n - C_n$	$E_n = \Sigma_0 D = E_{n-1} + D_n$	$F_n = \Sigma_0^{n-1} E = E_{n-1} + F_{n-1}$

Una curva bien alineada puede dividirse en *tres* partes: la parte *céntrica,* o «cuerpo» de la curva, de radio constante, o con pequeñas variaciones imperceptibles en cuanto a su efecto sobre la moción de los trenes, y *dos curvas de transición* o «espirales», empleando el vocablo más corto estadounidense, que unen el cuerpo de la curva a las rectas o «tangentes» a cada lado. La curvatura varía desde cero en las tangentes hasta la máxima en el cuerpo de la curva, en forma que permite al tren rodante tomar la inclinación correspondiente a la superelevación (peralte) con el movimiento consiguiente de los centros de gravedad de sus componentes y contenido, a los bogies tomar su posición angular referente a los ejes de los cuerpos de los vehículos, y a los elásticos acomodarse a una posible distribución nueva de las cargas que llevan, todo en forma gradual y sin que se originen oscilaciones o movi-



mientos bruscos en ninguna parte del tren. Para la debida consecución de estos objetos en las espirales, la curvatura debe variar directamente con la distancia recorrida desde el punto, que llamaremos *P,* en que la espiral se pierde en la tangente, hasta el punto *Q,* en que se une con la curva circular, y la superelevación debe variar en igual forma, directamente con la distancia y la curvatura.

Las siguientes son las principales relaciones matemáticas. Para los puristas, cabe mencionar que varias de ellas involucran pequeñas aproximaciones, pero que éstas, para los grados en curvatura encontrados en los ferrocarriles, aún en las curvas más cerradas, son tan ínfimas que no afectan en absoluto los resultados.

Nomenclatura

A ángulo central de la curva entera; ángulo de desviación entre las dos tangentes.

A'' el mismo ángulo expresado en segundos de arco.

C usada para designar cualquier punto sobre la curva circular.

J el punto medio de la espiral, equidistante de P y Q; usada también para indicar su distancia desde el punto O.

L Largo de la espiral, expresada en unidades iguales a la *distancia entre puntos;* es decir, 1 unidad$=t$.

M la flecha correspondiente a la cuerda de largo $2t$.

M_c flecha constante de la curva circular, correspondiente al radio R.

M_S flecha en el punto S, correspondiente a la cuerda $2t$, cuando *todo* el piolín está sobre la espiral.

M_{TS} flecha en el punto T, con la mitad o más del piolín sobre la tangente, y el resto sobre la espiral.

M_{ST} flecha en el punto S, con la mitad o más del piolín sobre la espiral y el resto sobre la tangente.

M_{SC} flecha en el punto S, con la mitad o más del piolín sobre la espiral, y el resto sobre la curva circular.

M_{CS} flecha en el punto C, con la mitad o más del piolín sobre la curva circular, y el resto sobre la espiral.

P punto extremo de la espiral; el punto inicial, donde la espiral se pierde en la tangente.

Q el otro extremo de la espiral; el punto final, donde se pierde en la curva circular.

R radio de la curva circular, expresado en la misma unidad que t.

R_m radio en metros.

S designa cualquier punto sobre la espiral.

T designa cualquier punto sobre la tangente; se usa también en las tablas para representar el total de las flechas de una espiral cuya $M_c=1000$.

t la distancia entre los puntos marcados en el riel; la mitad de la cuerda $2t$ (el largo del piolín).

t_m distancia t en metros.

X distancia entre el punto 0 (cero) y la proyección de cualquier punto sobre la espiral o curva circular, sobre la prolongación de la tangente; abscisa del punto, referida a 0; expresada en la misma unidad usada para L.

y distancia entre cualquier punto sobre la espiral o curva circular, hasta la prolongación de la tangente; ordenada del punto, referida al punto 0 y la tangente como eje de X; expresada en la misma unidad que las flechas.

Valor de M_c. En cualquier unidad constante, $M_c=\frac{t^2}{2R}$; si M_c es expresada en milímetros, $M_C = \frac{500t^2_m}{R_m}$.

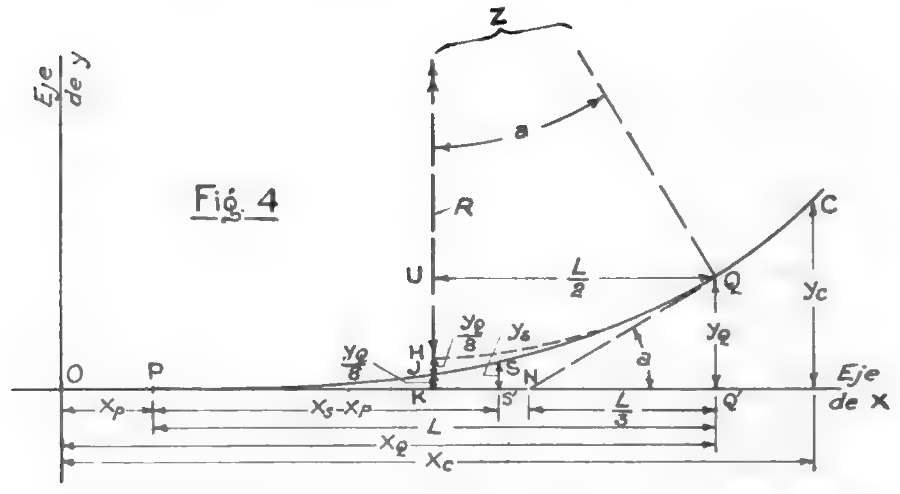
Ecuación de la espiral. La ordenada de cualquier punto S es dada por

$$y_S = \frac{M_C}{3L}(X_S - X_P)^3$$

(Nótese la gran disparidad entre las unidades usadas para y y M_C, y L y X, respectivamente. En las primeras la unidad puede ser el milímetro, y en las últimas cada unidad puede representar una distancia de 10 a 15 metros.)

Valor de y_Q. De aquí, el valor de la ordenada en el punto Q es

$$y_Q = \frac{M_C}{3\,L}\left(X_Q - X_P\right)^3 = \frac{M_C L^2}{3}$$



Inclinación de la tangente en Q *al eje de X*. En cualquier punto S, la inclinación de una tangente que toca la espiral es

$$\frac{dy_S}{d(t\,X_S)} = \frac{M_C}{L\,t}(X_S - X_P)^2$$

En Q, la inclinación es $$\frac{M_C L}{t} = \frac{Lt}{2\,R}$$

igual a la tangente (*tang*) del ángulo subtendido por la espiral, *a*.

Posición del punto medio J *de la espiral.* En diagrama N.° 4, si Z es el centro de la curva circular, ZK la normal desde Z sobre el eje de *X*, cortando la espiral en J y la prolongación de la curva circular en H, JQ = muy aproximadamente *R tang a*, o, expresando JQ en la misma unidad que *L*,

$$JQ = \frac{R}{t}\ tang\ a = \frac{L}{2}$$

De manera que J es el punto medio de la espiral.

$$\text{KH} = \text{muy aprox.} \quad y_Q = \frac{L^2 t^2}{8R} = \frac{M_C L^2}{3} - \frac{M_C L^2}{4} = \frac{M_C L^2}{12}$$

Pero $$\text{KJ} = y_J = \frac{M_C}{3L}(X_J - X_P)^3 = \frac{M_C L^2}{24} = \text{KH} - \text{KJ} = \text{JH}$$

Es decir que J es también equidistante, en el sentido lateral, de las prolongaciones imaginarias de la tangente (eje de X) y de la curva circular.

Valor de la flecha M_S *en* S (con el piolín enteramente sobre la espiral).

$$M_S = \frac{M_C}{L}(X_S - X_P)$$

Esto quiere decir que el incremento en el valor de la flecha de un punto al siguiente, siempre que todo el piolín esté sobre la espiral en ambos casos, es *constante*, e igual a $\frac{M_C}{L}$.

Valor de la flecha M_{TS}. La condición para que la mitad o más del piolín esté sobre la tangente, y el resto sobre la espiral, es que

$$(X_P - Z_T) \ngtr 1$$

En este caso, $$M_{TS} = \frac{M_C}{6L}(X_T - X_P + 1)^3$$

Valor de la flecha M_{ST}. Condición: $(X_S - X_P) \ngtr 1$

$$M_{ST} = \frac{M_C}{6L}\{(X_S - X_P + 1)^3 - 2(X_S - X_P)^3\}$$

Valor de la flecha M_{SC}. Condición: $(X_Q - X_S) \ngtr 1$

$$M_{SC} = M_C - \frac{M_C}{6L}\{(X_Q - X_S + 1)^3 - 2(X_Q - X_S)^3\}$$

Valor de la flecha M_{CS}. Condición: $(X_C - X_Q) \ngtr 1$

$$M_{CS} = M_C - \frac{M_C}{6L}(X_Q - X_C + 1)^3$$

Tabla N.° 2. Estas relaciones son las bases de la tabla N.° 2. Cada serie contiene las flechas que corresponderían a una curva cuya $M_C = 1000$, calculadas para todos los largos (valores de L) desde 2,0 «puntos» ($= 2t$ metros), hasta 15,0 «puntos», por incrementos de un décimo de «punto», es decir la décima parte de la distancia t entre puntos, y para cada posición de P desde «Punto más 0,0» (en que P coincide con uno de los puntos marcados en el riel), hasta «Punto más 0,9», también por incrementos progresivos de un décimo. Los símbolos P_1 y Q_1 se usan para representar los extremos de una espiral inicial, y Q_2 y P_2 para los de una espiral final.

Arriba, a la izquierda, está la posición de P_1, y abajo de ésta las de Q_1, correspondientes a cada valor de L en la segunda columna. Siguen las series, que terminan siempre en 1000, y bajo «T» está el total de los números de la serie (con algunas diferencias de una o dos unidades, debidas al redondeamiento de fracciones de unidad). La columna

a la derecha indica las posiciones de espirales finales, en la dirección inversa. Con esta tabla, el operador sin mover su regla de cálculo puede elegir entre 1310 espirales distintas para cada radio de la curva circular. Pero, como más adelante se demostrará, hay una sola espiral que llenará las condiciones para un caso dado, y su largo y posición son determinados por ellas.

El primer número de cada serie es igual a M_{TS}; si su valor es cero, es decir $< 0,5$, es omitida. El segundo (o primero en caso de omisión de M_{TS}) es M_{ST}. Siguen las flechas M_S, con incrementos constantes entre sí, y los últimos tres números son M_{SC}, M_{CS}, y M_C ($= 1000$), respectivamente. M_C es omitida si $M_{CS} = 1000$, es decir $> 999,5$.

Por ejemplo, para una espiral que empezara en $X_P = 0,3$ y terminara en $X_Q = 4,9$, cuyo largo L sería 4,6, la serie sería:

en punto 0, $M_{TS} = \frac{1000}{6 \times 4,6}(0-0,3+1)^3 = 12,43$

en punto 1, $M_{ST} = \frac{1000}{6 \times 4,6}\{(1-0,3+1)^3 - 2(1-0,3)^3\} = 153,15$

en punto 2, $M_S = \frac{1000}{4,6}(2-0,3) = 369,57$

en punto 3, $M_S = \frac{1000}{4,6}(3-0,3) = 586,97$

en punto 4, $M_{SC} = 1000 - \frac{1000}{6 \times 4,6}\{(4,9-4+1)^3 - 2(4,9-4)^3\} = 804,35$

en punto 5, $M_{CS} = 1000 - \frac{1000}{6 \times 4,6}(4,9-5+1)^3 = 973,59$

en punto 6, $M_C = 1000,00$

Empleando el término ΣM_S para la suma de todas las flechas de una espiral desde M_{TS} hasta M_{CS} inclusive, en este caso

$\Sigma M_S = 12,43 + 153,15 + 369,57 + 586,97 + 804,35 + 973,59 = 2900$

Cuando no se omite $M_C = 1000$, como en el presente caso, el valor T que aparece en la tabla es igual a $\Sigma M_S + 1000 = 3900$.

Pero ΣM_S puede calcularse directamente en la forma siguiente. Si se pone $X_Q = q + v$, en que q es un número entero, correspondiendo a uno de los puntos marcados en el riel, y v una fracción de una unidad. entonces $\Sigma M_S = \frac{1}{2} M_C(L - 2v + 3)$

Como se ve, la suma en cualquier caso dado depende de tres factores: M_C, determinado por el radio de la curva circular con que debe conectarse la espiral; L, su largo; y v, que fija su posición en relación a la serie de puntos numerados.

Para el ejemplo citado, $L = 4,6$; $q = 4$; $v = 0,9$:

$$\Sigma M_S = \tfrac{1}{2} M_C(4,6 - 1,8 + 3) = 2,9 M_C = 2900$$

Cuando se omite M_C, $T = \Sigma M_S$, como en la serie «P_1 en 0,9» y «$L = 4,3$»: en punto 6, $M_{CS} = 999,69$ o sea 1000, así que se omite $M_C = 1000$, y $T = 500(4,3 - 0,4 + 3) = 3450$; en la misma serie, en

punto 0, M_{TS} = 0,04 o sea 0, y también es omitida, de manera que el primer número, 52, corresponde a M_{ST}.

Angulo central de la curva entera. Si el total de todas las flechas viejas de una curva, en milímetros, $= \Sigma M_m$, el ángulo central A puede encontrarse fácilmente por la siguiente relación:

$$A'' = \frac{412{,}5 \, \Sigma M_m}{t_m}$$

o en grados,

$$A = \frac{0{,}1146 \, \Sigma M_m}{t_m}$$

Esta es una aproximación, pero da resultados bastante exactos para las trochas y grados de curvatura encontrados en los ferrocarriles.

En los cálculos en la pizarra, el total de todos los números en la columna B debe ser igual al total de columna C, es decir que columna E, la suma de diferencias, debe terminar, como empieza, en cero; si no terminara en cero, el ángulo subtendido por la curva nueva diferiría de la vieja. La columna F también debe empezar y terminar en cero; si columna E terminara en cero, pero F en algún otro número, la tangente final de la curva nueva estaría paralela a, pero a cierta distancia a un lado de, la tangente real de la curva vieja.

En el cálculo de una curva construída originalmente, como la mayoría de las curvas, como arco sencillo de círculo, en la que, a más de la alineación del cuerpo de la curva, hay que insertar curvas de transición adecuadas en los dos extremos, la experiencia del autor, basada en la alineación de unas seiscientas curvas de esta naturaleza, confirma ampliamente el consejo del Sr. Bartlett: el camino mejor es el de *«trial and error»*, o sea el empírico. Se empieza probando una espiral cualquiera, siempre que tenga el largo necesario — lo que depende del radio y la velocidad máxima; se escriben las flechas correspondientes en la pizarra, y se calculan las media-tiradas. En seguida se verá si va «para adentro» o «para afuera», y con muy poquito de práctica, se verá también si es preciso «moverla» para atrás o adelante, alargarla o acortarla. Una vez acomodada la espiral, se sigue en la misma forma con el cuerpo de la curva, con leves variaciones de flecha, hasta llegar a la espiral final, que se inserta en la manera descripta más adelante. Algunas veces es conveniente volver a modificar la espiral inicial, trabajando «para atrás».

Estas operaciones son mucho más fáciles de lo que pudieran aparecer. Por lo general, el cálculo completo de una curva puede hacerse a razón de entre medio minuto y tres minutos por «punto». En proporción, las curvas cortas llevan más tiempo que las largas.

Cuando se trata de la realineación de una curva que ya anteriormente ha sido bien alineada y que tiene curvas de transición, el sistema que da los mejores resultados es empezar acomodando una curva circular, o circular con leves modificaciones, al cuerpo de la curva, y luego computar las dos espirales. Si se encuentra en cualquier curva, que una espiral es demasiado corta para la velocidad máxima desarrollada, habrá que tirar la curva circular un poco para adentro para poder acomodar una espiral del debido largo mínimo. Si la espiral resulta más larga, sin precisar tiradas excesivas, tanto mejor. Es un error, que todavía per-

siste en algunas líneas, fijar el largo de las espirales: lo que debe fijarse es el largo mínimo, teniendo bien en cuenta las condiciones locales actuales.

Otro concepto equivocado que todavía sobrevive, es que entre dos curvas de sentido contrario (curvas inversas) debe haber un trecho de vía recta. Esta es una herencia de los tiempos antiguos, cuando se superelevaba la recta. Con curvas de transición de largo adecuado, la superelevación debe empezar desde cero en punto P y aumentarse uniformemente hasta el total correspondiente a la curva circular en Q. En la juntura de dos curvas inversas, la mejor solución de todas es cuando los dos puntos P de las espirales en sentido contrario coinciden, y cuando el «factor de espiral», $\frac{M_C}{L}$, aun cuando las dos curvas circulares sean de radios distintos, es igual para las dos. Entonces las dos espirales forman una sola, de dos brazos, uno de curvatura positiva y el otro de curvatura negativa, y el movimiento de traslación de los centros de gravedad y el cambio de dirección de los boggies se efectúan en una sola operación, a velocidades angulares uniformes y sin pausa alguna, desde el «Q_2» de la primera curva hasta el «Q_1» de la segunda.

En lo que antecede, no se han dado todas las etapas en la derivación de las relaciones matemáticas, porque éstas ya han sido publicadas. A continuación se plantean dos problemas omitidos del trabajo anterior, con las soluciones completas, las cuales, en tanto sabe el autor, no han sido publicadas hasta ahora. El primer problema es:

Dada una serie de n flechas $B_1, B_2, B_3 \ldots B_n$, encontrar *la curva nueva de radio constante que mejor se ajusta a la curva vieja deformada.*

Sea la flecha constante de la nueva curva circular $= M_C$; y la suma de diferencias en el punto 0 (un punto antes de la flecha B_1) $= E_0$. El problema se reduce entonces a hallar los valores de M_C y E_0 de modo que:

las media-tiradas en puntos 0 y $n+1$ sean cero,

$$F_0 = F_{n+1} = 0 \; ; \quad y$$

la suma de las media-tiradas desde puntos 1 hasta n inclusive sea cero.

$$\Sigma_1^n F = \Sigma_0^{n+1} F = 0$$

Sean las series respectivas

$$B_1 + B_2 + \ldots + B_x + \ldots B_n = \Sigma_1^n B = a$$
$$n B_1 + (n-1) B_2 + \ldots + (n-x+1) B_x + \ldots + B_n = b$$
$$n^2 B_1 + (n-1)^2 B_2 + \ldots + (n-x+1)^2 B_x + \ldots + B_n = c$$

En cualquier punto x

$$F_x = [(x-1)B_1 + (x-2)B_2 + \ldots + B_{x-1}] + x.E_0 - \frac{x(x-1)}{2}.M_C$$

En punto $n+1$

$$F_{n+1} = [nB_1 + (n-1)B_2 + \ldots + B_n] + (n+1)E_0 - \tfrac{1}{2} n(n+1) M_C = 0$$
$$b + (n+1)E_0 - \tfrac{1}{2} n(n+1) M_C = 0$$
$$\frac{n}{2} M_C = E_0 + \frac{b}{n+1} \qquad [1]$$

$$\Sigma_0^{n+1} F = \left(\frac{(n+1)n}{2}B_1 + \frac{n(n-1)}{2}B_2 + \frac{(n-1)(n-2)}{2}B_3 + \ldots + B_n\right)$$
$$+ \frac{(n+1)(n+2)}{2}E_0 - \frac{n(n+1)(n+2)}{6}M_C$$

$$(n+1)(n+2)\left(\frac{n}{3}M_c - E_0\right) = (n+1)nB_1 + n(n-1)B_2 +$$
$$+ (n-1)(n-2)B_3 + \ldots + 2B_n = b + c$$
$$\frac{n}{3}M_C = E_0 + \frac{b+c}{(n+1)(n+2)} \qquad [2]$$

De las ecuaciones simultáneas [1] y [2]:

$$\frac{n}{6}M_C = \frac{b}{n+1} - \frac{b+c}{(n+1)(n+2)}$$

o
$$M_C = \frac{6}{n(n+1)(n+2)}[(n+1)b - c] \qquad [3]$$

Habiendo hallado el valor de M_C, el de E_0 es determinado por la relación
$$E_0 = \frac{n}{2}M_C - \frac{b}{n+1} \qquad [4]$$
o puede calcularse directamente por medio de la expresión
$$E_0 = \frac{(2n+1)b - 3c}{(n+1)(n+2)} \qquad [5]$$

El procedimiento, por lo tanto, se reduce a lo siguiente. Empezando al pie de la lista de flechas viejas escritas en la pizarra, sume una vez la última flecha, dos veces la penúltima, tres veces la próxima, y así seguidamente, llamando el total b ; luego empiece de nuevo, sumando una vez la última, cuatro veces la penúltima, nueve veces la próxima, etcétera, llamando el total c. Inserte estos valores en ecuaciones [3] y [4], ó [3] y [5], y obtenga de este modo los valores de la flecha constante M_C y la suma de diferencias E_0 en el punto anterior al primero de la serie (igual a F_1, la media-tirada en el primer punto).

Aquí pueden mencionarse las relaciones entre algunas de las series. Estas relaciones, naturalmente, son las mismas para cualquier serie de números separados, sean flechas de ferrocarril, velocidades por kilómetro, nacimientos por año, etc., o en general cualquier serie de mediciones u observaciones hechas a intervalos regulares de cualquier unidad.

Si se ejecutan las operaciones arriba mencionadas en el orden inverso, empezando de arriba para abajo en lugar de abajo para arriba, se obtienen otras dos series, cuyos totales pueden llamarse b_r y c_r (b y c al revés):

$$b_r = B_1 + 2B_2 + 3B_3 + \ldots + nB_n$$
$$c_r = B_1 + 4B_2 + 9B_3 + \ldots + n^2B_n$$
$$b + b_r = (n+1)B_1 + (n-1)B_2 + \ldots + (n+1)B_n = (n+1)a$$

así que:
$$b_r = (n+1)a - b$$

$$c - c_r = (n^2-1)B_1 + \{(n-1)^2-2^2\}B_2 + \{(n-2)^2-3^2\}B_3 + \ldots + (1-n^2)B_n$$
$$= (n+1)(n-1)B_1 + (n+1)(n-3)B_2 +$$
$$+ (n+1)(n-5)B_3 + \ldots + (n+1)(1-n)B_n$$
$$= (n+1)[(n+1)a-2b_r] = (n+1)[2b-(n+1)a]$$
$$c_r = c + (n+1)[(n+1)a - 2b]$$

Sustituyendo los valores correspondientes en ecuaciones [3], [4] y [5]:

$$M_C = \frac{6}{n(n+1)(n+2)}[(n+1)b_r - c_r] \qquad [6]$$

$$E_0 = \frac{n}{2}M_C + \frac{b_r}{n+1} - a \qquad [7]$$

$$= \frac{(4n+5)b_r - 3c_r}{(n+1)(n+2)} \qquad [8]$$

Ecuaciones [3] y [6] indican, como es obvio, que para hallar el valor de M_C no importa si se empieza en un extremo o el otro de la serie de flechas. Pero, en el cálculo de E_0, el empleo de [4] en lugar de [7] ahorra una operación, la de sumar todas las flechas para encontrar el total $\Sigma_1 B = a$; si se usa [5] en vez de [8], los números que entran en el cálculo son menores, siendo el coeficiente de b, $(2n+1)$ en lugar de $(4n+5)$. Esto explica porqué se prefiere calcular las series de abajo para arriba.

Las operaciones de computar los totales b y c no llevan mucho tiempo si uno tiene una máquina de calcular disponible, pero de otro modo resultan bastante engorrosas, especialmente si el número de flechas pasa mucho de diez.

A continuación se tiene un ejemplo sencillo del empleo de este método. Considérese la serie de once flechas

122 100 93 87 105 108 126 83 91 118 99

$$b = (1\times99) + (2\times118) + (3\times91) + \ldots + (11\times122) = 6828$$
$$c = (1\times99) + (4\times118) + (9\times91) + \ldots + (121\times122) = 52764$$

Por ecuación [3]: $M_C = \dfrac{6}{11\times12\times13}[(12\times6828) - 52764] = 102$

Por ecuación [4]: $E_0 = \dfrac{11\times102}{2} - \dfrac{6828}{12} = -8$

o por [5]: $E_0 = \dfrac{(23\times6828)-(3\times52764)}{12\times13} = -8$

Se tendría en la pizarra

	A	B	C	D	E	F	
	—	—	—	—	—	—	
	0	...	...	..	—8	0	$= F_0$
	1	122	102	20	12	—8	$= F_1 - E_0$
	2	100	102	—2	10	4	
	3	93	102	—9	1	14	

4	87	102	—15	—14	15	
5	105	102	3	—11	1	
6	108	102	6	—5	—10	
7	126	102	24	19	—15	
8	83	102	—19	0	4	
9	91	102	—11	—11	4	
10	118	102	16	5	—7	
11	99	102	—3	2	—2	
12	...	...	..	..	0	$= F_{n+1}$
					0	$= \Sigma_0^{n+1} F$

Es verdad que esta serie fué elegida con el fin de dar números enteros para los valores de M_C y E_0, lo que no ocurriría en la práctica, o solamente por casualidad. He aquí otra serie de doce flechas tomada de una curva existente, elegida esta vez de entre varias otras por la razón opuesta, que los valores calculados distan bastante de números enteros.

76 83 84 91 62 71 85 89 77 78 81 80

De una simple inspección es evidente que la flecha nueva debe ser más o menos 80. El cálculo da

$$M_C = \frac{6}{12\times13\times14}[(13 \times 6216) - 51828] = 79{,}615$$

$$E_0 = (6 \times 79{,}615) - \frac{6216}{13} = -\ 0{,}464$$

En este caso la siguiente sería la mejor solución:

A	B	C	D	E	F
0	..	..	..	0	0
1	76	80	—4	—4	0
2	83	80	3	—1	—4
3	84	80	4	3	—5
4	91	79	12	15	—2
5	62	80	—18	—3	13
6	71	79	—8	—11	10
7	85	80	5	—6	—1
8	89	79	10	4	—7
9	77	80	—3	1	—3
10	78	79	—1	0	—2
11	81	80	1	1	—2
12	80	79	1	2	—1
13	..	..	..	..	1

$F_0 = 0$

$F_{13} = 1$

$\Sigma_0^{13} F = -1$

Ahora consideremos otro problema: hallar *la posición y el largo de la espiral final que se ajusta exactamente a una curva circular y una tangente dadas.*

Supóngase que se acaba de adaptar, en la forma recién descripta, una curva circular al «cuerpo» de una curva deformada, o a la parte final de ella, y ahora se enfrenta la necesidad de encontrar la espiral que la conecte con la tangente.

Sea N el número de *cualquier* punto sobre la curva circular, en las inmediaciones del extremo de la espiral, es decir no muy lejos del punto Q en que la espiral se pierde en la curva circular. (El número N no tiene nada que ver con la n de los párrafos anteriores.)

B_{N+1}, B_{N+2}, etc., son las flechas viejas de la curva deformada, que se extienden hasta el lugar en que la curva se pierde en la tangente, y el valor de B llega a cero.

Sean las series

$B_{N+1} + B_{N+2} + B_{N+3} + \ldots\ldots\ldots\ldots$ hasta el fin $= d$

$B_{N+1} + 2B_{N+2} + 3B_{N+3} + \ldots\ldots\ldots$ hasta el fin $= e$

E_N y F_N son la suma de diferencias y la mediatirada, respectivamente, en el punto N, o sean las cifras actuales en la pizarra.

Si C_{N+1}, C_{N+2}, etc., son las flechas correspondientes a *cualquier* curva nueva, no muy lejos de la curva vieja, pero no necesariamente conectada ni a la curva circular ni a la tangente, entonces en cualquier punto $N + x$, x puntos adelante de N,

$$E_{N+X} = E_N + [B_{N+1} + B_{N+2} + \ldots + B_{N+X}] - [C_{N+1} + C_{N+2} + \ldots + C_{N+X}]$$

y

$$F_{N+X} = F_N + xE_N + [(x-1)B_{N+1} + (x-2)B_{N+2} + \ldots + B_{N+X-1}] - [(x-1)C_{N+1} + (x-2)C_{N+2} + \ldots + C_{N+X-1}]$$

Ahora, si en estas expresiones todas las «C's» fueran ceros, la «curva nueva» sería una línea recta. Y si, además, $N + x'$ fuera cualquier punto sobre la tangente y si $E_{N+X'} = 0$ (lo que fija su dirección), y $F_{N+X'} = 0$ (lo que fija su posición), entonces la «curva nueva» sería la tangente misma. De manera que, «avanzando para atrás», puede encontrarse la distancia entre la curva vieja en el punto N y la prolongación de la tangente, sobre la normal a esta última.

Invirtiendo estas expresiones se obtienen

$$xE_N = xE_{N+X} - x[B_{N+1} + B_{N+2} + \ldots + B_{N+X}] + x[C_{N+1} + C_{N+2} + \ldots + C_{N+X}]$$

y

$$\begin{aligned} F_N &= F_{N+X} - xE_N - [(x-1)B_{N+1} + (x-2)B_{N+2} + \ldots + B_{N+X-1}] + [(x-1)C_{N+1} + (x-2)C_{N+2} + \ldots + C_{N+X-1}] \\ &= F_{N+X} - xE_{N+X} + [B_{N+1} + 2B_{N+2} + \ldots + xB_{N+X}] - [C_{N+1} + 2C_{N+2} + \ldots + xC_{N+X}] \end{aligned}$$

Insertando valores de cero para todos los términos en C, y también para $E_{N+X'}$ y $F_{N+X'}$, F'_N será la distancia entre la curva vieja y la tangente, medida *en la misma unidad que las media-tiradas.* Llamemos a esta distancia

$s'_N =$ la mitad de la verdadera distancia y_N, que se mide en la misma unidad que las flechas (por ejemplo, milímetros).

$$s'_N = B_{N+1} + 2B_{N+2} + 3B_{N+3} + \ldots + x'B_{N+X'}$$

y, como $N + x'$ es algún punto sobre la tangente, $s'_N = e$

y, en cualquier otro punto $N + x$,

$$s'_{N+X} = B_{N+X+1} + 2B_{N+X+2} + 3B_{N+X+3} + \ldots$$

Dejemos ahora la tangente para dedicar atención a la curva circular, la que debe imaginarse extendida indefinidamente más allá del punto N, y apliquemos el mismo razonamiento para hallar la distancia s" (medida en la misma dirección que s') entre la curva vieja y la curva circular en cualquier punto $N + x$. La dirección de la medición es im-

portante, porque afecta al signo, como puede verse en el diagrama (fig. N.° 5); las distancias laterales, etc., en este diagrama, son muy exageradas.

En este caso, todas las «C's» tendrán el valor M_C, y E_N y F_N tendrán los valores reales escritos en la pizarra. De modo que $s''_N = F_N$ y

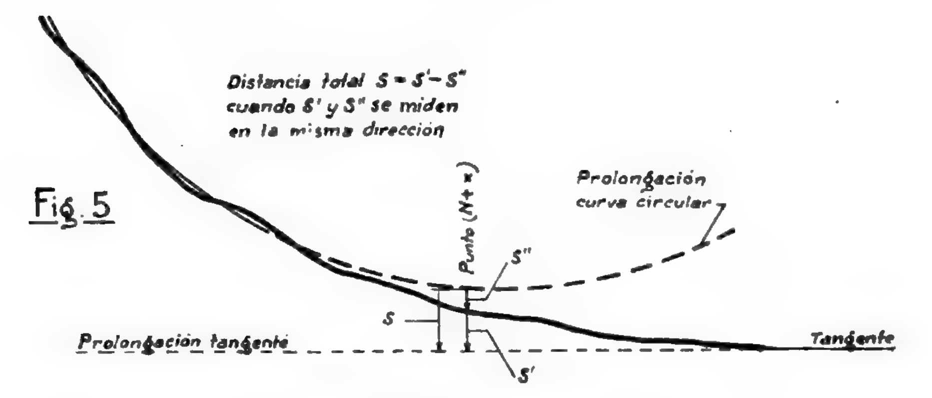
$$s''_{N+X} = F_N + xE_N + [(x-1)B_{N+1} + (x-2)B_{N+2} + \ldots + B_{N+X-1}]$$
$$-[(x-1)M_C + (x-2)M_C + \ldots + M_C]$$
$$= F_N + xE_N + [(x-1)B_{N+1} + (x-2)B_{N+2} + \ldots + B_{N+X-1}]$$
$$- \tfrac{1}{2}x(x-1)M_C$$

En cualquier punto, la distancia s entre la curva circular y la tangente, medida en la misma dirección que s' y s", es

$$s = s' + (-s'') = s' - s''$$

En el punto $N + x$

$$s_{N+X} = s'_{N+X} - s''_{N+X}$$
$$= [B_{N+X+1} + 2B_{N+X+2} + \ldots] - F_N - xE_N$$
$$-[(x-1)B_{N+1} + (x-2)B_{N+2} + \ldots + B_{N+X-1}] + \tfrac{1}{2}x(x-1)M_C$$
$$= [B_{N+2} + 2B_{N+3} + 3B_{N+4} + \ldots] - (x-1)[B_{N+1} + B_{N+2} + B_{N+3} + \ldots]$$
$$-F_N - xE_N + \tfrac{1}{2}x(x-1)M_C$$
$$= e - xd - F_N - xE_N + \tfrac{1}{2}M_Cx^2 - \tfrac{1}{2}M_Cx$$
$$= [\tfrac{1}{2}M_C]x^2 - [E_N + \tfrac{1}{2}M_C + d]x + [e - F_N]$$



Esta expresión tiene su valor mínimo cuando

$$2[\tfrac{1}{2}M_C]x - [E_N + \tfrac{1}{2}M_C + d] = 0$$

$$N + x = \left(\frac{E_N + d}{M_C}\right) + (N + \tfrac{1}{2})$$

Pero, como ya sabemos que el punto medio J de la espiral tiene que estar donde la curva circular prolongada se acercaría más a la tangente extendida para atrás,

o sea
$$J = \left(\frac{E_N + d}{M_C}\right) + (N + \tfrac{1}{2})$$

De manera que el procedimiento es como sigue. Empezando desde cualquier punto N sobre la curva circular, no muy atrás de donde parece que debería caer el punto Q, sume la suma de diferencias en el punto N al total de todas las flechas viejas siguientes después de N, y dividida

por la flecha correspondiente a la curva circular. El resultado es $\frac{E_N + d}{M_C}$

A esto agregue el número del punto N, más 0,5, y se tendrá la posición del punto medio de la espiral.

La correspondencia entre el número T, dado en las tablas de espirales, y la cifra $\frac{E_N + d}{M_C}$ debe ser notada: $T = \frac{1000 \Sigma M_S}{M_C}$ o $\frac{1000 \Sigma M_S}{M_C} + 1$, en que $\Sigma M_S =$ el total de todas las flechas de la espiral, y $\frac{E_N + d}{M_C}$ es igual a $\frac{\Sigma M_S}{M_C}$ más un número entero.

Todavía falta encontrar el largo de la espiral que se ajustará exactamente a la curva circular y a la tangente. Si la espiral es demasiado corta no tocará la tangente en ninguna parte, y la «media-tirada residual» en la pizarra aparecerá con el signo negativo; si es demasiado larga, cruzará la tangente en un ángulo, y la última mediatirada será positiva.

Se puede llegar por tres caminos a la determinación del largo correcto. El primero ha sido descripto en el libro a que se ya ha hecho referencia, y es talvez el más sencillo de comprender; como ya se ha dicho, el objeto del libro fué el de permitir la alineación de curvas sin el empleo de ninguna operación aritmética más avanzada que multiplicación y división, con el manipuleo «ciego» de una regla de cálculo para el cómputo de las flechas de la espiral. El segundo es el método que el escritor emplea normalmente, pero fué excluído del libro porque precisa la extracción de una raíz cuadrada. El tercero es por calculación directa, e involucra el cómputo del total de la serie

$$B_{N+1} + 2B_{N+2} + 3B_{N+3} + \ldots = e$$

A título de ilustración tomemos la misma curva usada previamente, poniendo esta vez los números reales de los puntos, y las flechas viejas finales. (Puede mencionarse que esta curva estaba siendo alineada por segunda vez, antes de ser balastada, y que ya tenía curvas de transición a cada extremo; esto explica la poca magnitud de las media-tiradas.)

6	..	..	..	0	0
7	76	80	—4	—4	0
8	83	80	3	—1	—4
9	84	80	4	3	—5
10	91	79	12	15	—2
11	62	80	—18	—3	13
12	71	79	—8	—11	10
13	85	80	5	—6	—1
14	89	79	10	4	—7
15	77	80	—3	1	—3
16	78	79	—1	0	—2
17	81	80	1	1	—2
18	80	79	1	2	—1
19	65				
20	88				

21	58
22	29
23	8
24	5
25	—1
26	3
27	0

Primer método. Tomando punto 18 como «*N*», compute $E_N + d$.

$$E_N + d = E_{18} + [B_{19} + B_{20} + \dots + B_{26}]$$
$$= 2 + [65+88+58+29+8+5-1+3] = 257$$

Con la regla de cálculo, ponga el «1» de la escala movediza sobre «79» de la escala fija, y lea la movediza frente a «257» de la fija, dando 3250 +. Es decir, $\frac{1000\times 257}{79}$ = un poco más de 3250. En tabla N.° 1, bajo «Total», busque el número más cercano: es 3250. La tabla indica que la espiral más larga que llena las condiciones es de 3,9 veces la distancia entre puntos de largo, con «P_1 en 0,3», y la más corta de 2,1 «puntos» con «P_1 en 0,2». (La posición de P_1 es dada para espirales iniciales.) Pruebe primeramente la más larga, ajustando la escala movediza para que «3250» coincida exactamente con «257» de la fija. En tabla N.° 2 se encontrará la serie de factores, bajo «P_1 en 0,3» y «L = 3,9», correspondientes a una espiral cuya M_C = 1000. El factor 1000 corresponde con el punto N + 1 o sea el N.° 19.

Punto	Escala movediza	Escala fija
19	1000	79
20	925	73+
21	684	54+
22	436	34+++
23	181	14++
24	15	1+
		255

Se suman las flechas. Algunas veces, debido al «redondeamiento» de las cifras, habrá que hacer un ajuste de una, o a lo sumo dos, unidades. En este caso la diferencia es dos; podemos ajustar las flechas de puntos 22 y 23, por ejemplo, aumentándolas en una unidad cada una, y tendremos en la pizarra:

17	81	80	1	1	—2
18	80	79	1	2	—1
19	65	79	—14	—12	1
20	88	73	15	3	—11
21	58	54	4	7	—8
22	29	35	—6	1	—1
23	8	15	—7	—6	0
24	5	1	4	—2	—6
25	—1	0	—1	—3	—8
26	3	0	3	0	—11
27	0	0	0	0	—11

La cifra de —11 en columna F indica que la espiral es demasiado corta. Como es la más larga que corresponde al total de 3250, hay que buscar más atrás. En punto 17 el total $E_N + d$ será

$$1 + [80 + 65 + \ldots + 3] = 336 =$$

= el total anterior de 257, más 79, y el total T será 4250 en lugar de 3250. En tabla N.° 1 encontramos que la espiral más larga con el total de 4250 es de 5,9 de largo con «P_1 en 0,3». Con 4250 en la escala movediza sobre 336 en la fija tenemos:

Punto	Movediza	Fija
18	1000	79
19	952	75+
20	797	63
21	627	50
22	458	36+
23	288	23-
24	119	9++
25	10	1-
		336

Esta vez no hay que ajustar el total. Esta espiral da:

	17	81	80	1	1	—2
Q_2 en 18,8	18	80	79	1	2	—1
	19	65	75	—10	—8	1
	20	88	63	25	17	—7
	21	58	50	8	25	10
	22	29	36	—7	18	35
	23	8	23	—15	3	53
P_2 en 24,7	24	5	9	—4	—1	56
	25	—1	1	—2	—3	55
	26	3	0	3	0	52
	27	0	0	0	0	52

Para encontrar las posiciones de los puntos extremos de la espiral Q_2 y P_2, donde se une con la curva circular y con la tangente respectivamente, o, como en estos dos casos de espirales de prueba, no se une con la tangente por ser demasiado corta o demasiado larga, pero se encuentra paralela a ella, observe en la tabla N.° 2 la columna a la derecha, y se encontrará, para la última de las dos series usadas, «P_2 en 15,7», y «Q_2 en 9,8». En el encabezamiento de la tabla hay dos series de números, una de 0 a 16 para espirales iniciales, y otra de 16 a 0 para espirales finales. En esta última se nota que el número «9» corresponde al factor «1000»; Q_2, entonces, cae a 0,8 (de la distancia entre puntos) más adelante del punto que corresponde a este factor ,es decir en 18,8, entre puntos 18 y 19. P_2 está a 0,7 más adelante del que corresponde al factor 119, es decir en 24,7. El largo de la espiral es 24,7 — 18,8 = 5,9.

Esta espiral da la cifra positiva de +52, y por lo tanto es demasiado larga; la de 3,9 de largo da —11, siendo corta. De manera que el largo correcto debe estar entre los dos. Por interpolación, el largo que daría una media-tirada residual de cero debería ser

$$\frac{(3{,}9\times 52)+(5{,}9\times 11)}{52+11} = \frac{202{,}8+64{,}9}{63} = \frac{267{,}7}{63} = 4{,}25$$

El largo más cercano dado en tabla N.° 1 para el total de 4250 es 4,3 con «P_1 en 0,1», que da

Punto	Movediza	Fija
18	1000	79
19	998	79—
20	899	71+
21	674	53++
22	442	35
23	209	17——
24	28	2++
		336

	17	81	80	1	1	—2
	18	80	79	1	2	—1
Q_2 en 19,6	19	65	79	—14	—12	1
	20	88	71	17	5	—11
	21	58	53	5	10	—6
	22	29	35	—6	4	4
P_2 en 23,9	23	8	17	—9	—5	8
	24	5	2	3	—2	3
	25	—1	0	—1	—3	1
	26	3	0	3	0	—2
	27	0	0	0	0	—2

El punto medio de todas las tres espirales probadas es el mismo:

$$\tfrac{1}{2}\,(19{,}6 + 23{,}9) = 21{,}75$$

El pequeño ajuste final de dos unidades puede hacerse así:

18	80	79	1	2	—1
19	65	78	—13	—11	1
20	88	71	17	6	—10
21	58	54	4	10	—4
22	29	35	—6	4	6
23	8	17	—9	—5	10
24	5	2	3	—2	5
25	—1	0	—1	—3	3
26	3	0	3	0	0
27	0	0	0	0	0

Segundo método. **Se procede en la misma forma que antes, hasta obtener la media-tirada de —11, con una espiral de 3,9 de largo. Luego se aplica la fórmula**

$$L^2_V = L^2_P - \frac{24\,F_P}{M_G} \qquad [11]$$

en que L_V **= largo verdadero que se busca;**
L_P **= largo de prueba;**
F_P **= última cifra de columna F.**

En este caso $L^2_V = (3,9)^2 + \dfrac{24 \times 11}{79} = 18,43$

y $L_V = 4,25$, igual que antes.

Esta fórmula ahorra el trabajo de computar otra espiral, y luego el largo verdadero por interpolación; su derivación es sencilla y se verá después.

Tercer método. Una vez obtenida la posición del punto medio de la espiral por medio de la relación [10]

$$J = \left(\frac{E_N + d}{M_C}\right) + (N + \tfrac{1}{2})$$

puede encontrarse el largo exacto de la espiral por el primer o segundo método, o directamente. Tomando como ejemplo la misma curva, y eligiendo cualquier punto, como el N.° 16, como «*N*», tendríamos

$$E_N + d = 0 + [81 + 80 + 65 + \ldots + 3] = 416$$

$$x = \frac{416}{79} + 0,5 = 5,76$$

$$J = N + x = 21,76$$

Podemos probar dos espirales que tengan este punto medio, de diferentes largos, y encontrar L_V por interpolación, o aun por extrapolación, siempre que los dos largos no fueran muy lejos de la verdad (primer método), o probar una sola y aplicar la relación [11], o calcular el largo en la siguiente forma.

La ecuación de la espiral, referida a la tangente como eje de X, y con sus abscisas expresadas en unidades iguales a la distancia entre puntos, y sus ordenadas en la unidad usada para la medición de las flechas (por ejemplo, milímetros), es

$$y_S = \frac{M_C}{3\,L}(X_S - X_P)^3$$

En el punto medio J, $X_S - X_P = \dfrac{L}{2}$

$$\text{y} \quad y_S = \frac{M_C}{3\,L} \times \frac{L^3}{8} = \frac{M_C L^2}{24}$$

La distancia desde la tangente hasta la prolongación imaginaria de la curva circular frente a J es el doble de esta distancia, o sea $\dfrac{M_C L^2}{12}$

De manera que esta relación puede usarse para el cómputo de L.

[De aquí se verá la derivación de la relación [11]. Si se usa una espiral de otro largo L_P en lugar de una del largo correcto L_V, la diferencia entre las dos distancias será $\dfrac{M_C(L_P^2 - L_V^2)}{12}$ o, en términos de la unidad usada en la columna F,

$$F_P = \frac{M_C(L_P^2 - L_V^2)}{24}$$

o
$$L_V^2 = L_P^2 - \frac{24\,F_P}{M_C}.]$$

Habíamos encontrado que esta distancia, en términos de la columna F (por ejemplo, doblemilímetros), es

$$s_{N+x} = [\tfrac{1}{2}\,M_C]x^2 - [E_N + \tfrac{1}{2}\,M_C + d]x + [e - F_N]$$

o, sustituyendo el valor $x = \dfrac{E_N + \frac{1}{2}M_C + d}{M_C}$

que ya se ha calculado $s_{N+x} = (e - F_N) - \frac{1}{2}\,M_C x^2$

La distancia verdadera, por ejemplo, en milímetros, es el doble de esto, de manera que

$$2(e - F_N) - M_C\,x^2 = \frac{M_C\,L^2}{12}$$

(Nótese que más arriba multiplicamos por dos porque una distancia es realmente el doble de la otra; esta vez lo hacemos porque se trata de la misma distancia, medida en dos unidades, una el doble de la otra.)

$$\left(\frac{L}{2}\right)^2 = 6\left(\frac{e - F_N}{M_C} - \frac{x^2}{2}\right)$$

Sólo falta calcular el valor

$$e = B_{N+1} + 2\,B_{N+2} + 3\,B_{N+3} + \ldots$$

o sea, una vez la primera flecha vieja después de N, más dos veces la segunda, etc., hasta el fin.

En la curva tomada como ejemplo

$$e = (1\times 81) + (2\times 80) + (3\times 65) + \ldots + (10\times 3) = 1369$$

y
$$\left(\frac{L}{2}\right)^2 = 6\left(\frac{1369 - (-2)}{79} - \frac{(5{,}76)^2}{2}\right) = 4{,}594$$

$$\frac{L}{2} = 2{,}14 \qquad \text{y} \qquad L = 4{,}3 \text{ al décimo más cercano.}$$

De manera que Q_2 está en 21,76 — 2,14 = 19,62 o sea 19,6; y P_2 está en 21,76 + 2,14 = 23,9; exactamente los mismos resultados a que se llegó por los otros dos métodos.

Sin embargo, si bien este método ahorra el cálculo de una o dos espirales de prueba, en la práctica esta labor es más que balanceada por la de calcular la serie e, así que, por lo general, se preferirá el segundo método.

La misma observación es aplicable al método matemático descripto para encontrar la curva circular que mejor se ajusta al «cuerpo» de la curva vieja. Si bien éste dará la solución ideal desde el punto de vista matemático y teórico, los cálculos son algo engorrosos, y la mayoría de las veces se llegará al mismo resultado probando dos o tres curvas en la pizarra, en menos tiempo. Además, el método teórico es prácticamente

inútil cuando se trata de realinear una curva construída originalmente como un sencillo arco de círculo, en la que hay que insertar espirales en los dos extremos.

Pero, por encima de todo esto, el método teórico tiene la desventaja de pasar por alto una de las virtudes principales, si no es la principal, del sistema de alineación a piolín, la libertad que ofrece de poder variar el radio a voluntad, sobre distancias relativamente cortas, de acuerdo con las condiciones actuales de la curva, reduciendo muchas veces grandemente el trabajo en la vía; esto no solamente reduce el costo, ahorrando jornales que se gastarían inútilmente sin objeto alguno, a no ser la satisfacción de haber llegado a la solución teóricamente perfecta, sino también disminuye las distancias transversales que hay que mover los durmientes en balasto. La vía se «sacude» menos, y conserva mejor su superficie después de la alineación. Además, en las inmediaciones de estructuras fijas como puentes y alcantarillas, tanques de agua, etc., o de cambios y pasos a nivel, donde algunas veces sería imposible, o en el mejor de los casos costoso, mover mucho la vía, el sistema empírico de «*trial and error*» permite ajustar la línea de acuerdo, disminuyendo o anulando por completo la tirada en estos lugares.

La facilidad con que pueden efectuarse estas pequeñas pero importantes modificaciones y ajustes es otra de las grandes ventajas del sistema Bartlett. En todo momento se tiene ante los ojos la distancia exacta que habría que mover la vía, escritas en cifras, y el efecto de cualquier modificación puede calcularse en un momento, casi siempre mentalmente; o, viceversa, puede verse en seguida qué modificación es necesaria para conseguir un efecto deseado. Además, las operaciones mentales son tan sencillas que no fatigan al operador, los errores son infrecuentes y casi siempre son apercibidos y corregidos instantáneamente por él mismo, y la revisión por otra persona puede hacerse rápida y sencillamente.

TABLA Nº 1

L A R G O S D E E S P I R A L E S

correspondientes a la **POSICION** de P_1 y el **TOTAL** de **FLECHAS**

Empieza (P_1) en:-	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Total:-										
2400	...	2,0	...	...	...	...	...	...	...	...
450	2,1	...	...	...	...	...	...	...	...	...
500	2,0	...	...	...	...	...	...	...	...	2,2
550	...	...	...	...	...	...	...	...	2,3	2,1
600	...	...	...	...	...	...	...	2,4	2,2	2,0
650	...	...	...	...	...	2,7	2,5	2,3	2,1	...
700	...	...	...	...	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	...
750	...	...	...	2,9	2,7	2,5	2,3	2,1	...	...
800	...	...	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	...	...
850	...	3,1	2,9	2,7	2,5	2,3	2,1	...	...	...
900	3,2	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	...	...	...
950	3,1	2,9	2,7	2,5	2,3	2,1	...	...	...	3,3
3000	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	...	...	3,4	3,2
050	2,9	2,7	2,5	2,3	2,1	...	...	3,5	3,3	3,1
100	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	...	3,6	3,4	3,2	3,0
150	2,7	2,5	2,3	2,1	...	3,7	3,5	3,3	3,1	2,9
200	2,6	2,4	2,2	2,0	3,8	3,6	3,4	3,2	3,0	2,8
250	2,5	2,3	2,1	3,9	3,7	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7
300	2,4	2,2	2,0 4,0	3,8	3,6	3,4	3,2	3,0	2,8	2,6
350	2,3	2,1 4,1	3,9	3,7	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7	2,5
400	2,2 4,2	4,0	3,8	3,6	3,4	3,2	3,0	3,8	2,6	2,4
450	4,1	3,9	3,7	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7	2,5	2,3 4,3
500	4,0	3,8	3,6	3,4	3,2	3,0	2,8	2,6	2,4 4,4	4,2
550	3,9	3,7	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7	2,5 4,5	4,3	4,1
600	3,8	3,6	3,4	3,2	3,0	2,8	2,6 4,6	4,4	4,2	4,0
650	3,7	3,5	3,3	3,1	2,9	4,7	4,5	4,3	4,1	3,9
700	3,6	3,4	3,2	3,0	4,8	4,6	4,4	4,2	4,0	3,8
750	3,5	3,3	3,1	4,9	4,7	4,5	4,3	4,1	3,9	3,7
800	3,4	3,2	5,0	4,8	4,6	4,4	4,2	4,0	3,8	3,6
850	3,3	5,1	4,9	4,7	4,5	4,3	4,1	3,9	3,7	3,5
900	5,2	5,0	4,8	4,6	4,4	4,2	4,0	3,8	3,6	3,4
950	5,1	4,9	4,7	4,5	4,3	4,1	3,9	3,7	3,5	5,3
4000	5,0	4,8	4,6	4,4	4,2	4,0	3,8	3,6	5,4	5,2
050	4,9	4,7	4,5	4,3	4,1	3,9	3,7	5,5	5,3	5,1
100	4,8	4,6	4,4	4,2	4,0	3,8	5,6	5,4	5,2	5,0
150	4,7	4,5	4,3	4,1	3,9	5,7	5,5	5,3	5,1	4,9
200	4,6	4,4	4,2	4,0	5,8	5,6	5,4	5,2	5,0	4,8
250	4,5	4,3	4,1	5,9	5,7	5,5	5,3	5,1	4,9	4,7
300	4,4	4,2	6,0	5,8	5,6	5,4	5,2	5,0	4,8	4,6
350	4,3	6,1	5,9	5,7	5,5	5,3	5,1	4,9	4,7	4,5
400	6,2	6,0	5,8	5,6	5,4	5,2	5,0	4,8	4,6	4,4
450	6,1	5,9	5,7	5,5	5,3	5,1	4,9	4,7	4,5	6,3
500	6,0	5,8	5,6	5,4	5,2	5,0	4,8	4,6	6,4	6,2
550	5,9	5,7	5,5	5,3	5,1	4,9	4,7	6,5	6,3	6,1
600	5,8	5,6	5,4	5,2	5,0	4,8	6,6	6,4	6,2	6,0
650	5,7	5,5	5,3	5,1	4,9	6,7	6,5	6,3	6,1	5,9
700	5,6	5,4	5,2	5,0	6,8	6,6	6,4	6,2	6,0	5,8
750	5,5	5,3	5,1	6,9	6,7	6,5	6,3	5,1	5,9	5,7
800	5,4	5,2	7,0	6,8	6,6	6,4	6,2	6,0	5,8	5,6
850	5,3	7,1	6,9	6,7	6,5	6,3	6,1	5,9	5,7	5,5
900	7,2	7,0	6,8	6,6	6,4	6,2	6,0	5,8	5,6	5,4

TABLA Nº 1 (continuación)

L A R G O S   D E   E S P I R A L E S

correspondientes a la POSICION de P_1 y el TOTAL de FLECHAS

Empieza (P_1) en:-	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Total:-										
4950	7,1	6,9	6,7	6,5	6,3	6,1	5,9	5,7	5,5	7,3
5000	7,0	6,8	6,6	6,4	6,2	6,0	5,8	5,6	7,4	7,2
050	6,9	6,7	6,5	6,3	6,1	5,9	5,7	7,5	7,3	7,1
100	6,8	6,6	6,4	6,2	6,0	5,8	7,6	7,4	7,2	7,0
150	6,7	6,5	6,3	6,1	5,9	7,7	7,5	7,3	7,1	6,9
200	6,6	6,4	6,2	6,0	7,8	7,6	7,4	7,2	7,0	6,8
250	6,5	6,3	6,1	7,9	7,7	7,5	7,3	7,1	6,9	6,7
300	6,4	6,2	8,0	7,8	7,6	7,4	7,2	7,0	6,8	6,6
350	6,3	8,1	7,9	7,7	7,5	7,3	7,1	6,9	6,7	6,5
400	8,2	8,0	7,8	7,6	7,4	7,2	7,0	6,8	6,6	6,4
450	8,1	7,9	7,7	7,5	7,3	7,1	6,9	6,7	6,5	8,3
500	8,0	7,8	7,6	7,4	7,2	7,0	6,8	6,6	8,4	8,2
550	7,9	7,7	7,5	7,3	7,1	6,9	6,7	8,5	8,3	8,1
600	7,8	7,6	7,4	7,2	7,0	6,8	8,6	8,4	8,2	8,0
650	7,7	7,5	7,3	7,1	6,9	8,7	8,5	8,3	8,1	7,9
700	7,6	7,4	7,2	7,0	8,8	8,6	8,4	8,2	8,0	7,8
750	7,5	7,3	7,1 / 9,1	8,9	8,7	8,5	8,3	8,1	7,9	7,7
800	7,4	7,2 / 9,2	9,0	8,8	8,6	8,4	8,2	8,0	7,8	7,6
850	7,3 / 9,3	9,1	8,9	8,7	8,5	8,3	8,1	7,9	7,7	7,5
900	9,2	9,0	8,8	8,6	8,4	8,2	8,0	7,8	7,6	7,4 / 9,4
950	9,1	8,9	8,7	8,5	8,3	8,1	7,9	7,7	7,5 / 9,5	9,3
6000	9,0	8,8	8,6	8,4	8,2	8,0	7,8	7,6 / 9,6	9,4	9,2
050	8,9	8,7	8,5	8,3	8,1	7,9	7,7 / 9,7	9,5	9,3	9,1
100	8,8	8,6	8,4	8,2	8,0	7,8 / 9,8	9,6	9,4	9,2	9,0
150	8,7	8,5	8,3	8,1	7,9 / 9,9	9,7	9,5	9,3	9,1	8,9
200	8,6	8,4	8,2	8,0 / 10,0	9,8	9,6	9,4	9,2	9,0	8,8
250	8,5	8,3	8,1 / 10,1	9,9	9,7	9,5	9,3	9,1	8,9	8,7
300	8,4	8,2 / 10,2	10,0	9,8	9,6	9,4	9,2	9,0	8,8	8,6
350	8,3 / 10,3	10,1	9,9	9,7	9,5	9,3	9,1	8,9	8,7	8,5
400	10,2	10,0	9,8	9,6	9,4	9,2	9,0	8,8	8,6	8,4 / 10,4
450	10,1	9,9	9,7	9,5	9,3	9,1	8,9	8,7	8,5 / 10,5	10,3
500	10,0	9,8	9,6	9,4	9,2	9,0	8,8	8,6 / 10,6	10,4	10,2
550	9,9	9,7	9,5	9,3	9,1	8,9	8,7 / 10,7	10,5	10,3	10,1
600	9,8	9,6	9,4	9,2	9,0	8,8 / 10,8	10,6	10,4	10,2	10,0
650	9,7	9,5	9,3	9,1	8,9 / 10,9	10,7	10,5	10,3	10,1	9,9
700	9,6	9,4	9,2	9,0 / 11,0	10,8	10,6	10,4	10,2	10,0	9,8
750	9,5	9,3	11,1	10,9	10,7	10,5	10,3	10,1	9,9	9,7
800	9,4	11,2	11,0	10,8	10,6	10,4	10,2	10,0	9,8	9,6

TABLA Nº 1 (continuación)

L A R G O S D E E S P I R A L E S

correspondientes a la POSICION de P_1 y el TOTAL de FLECHAS

Empieza (P_1) en:-	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Total:-										
6850	11,3	11,1	10,9	10,7	10,5	10,3	10,1	9,9	9,7	9,5
900	11,2	11,0	10,8	10,6	10,4	10,2	10,0	9,8	9,6	11,4
950	11,1	10,9	10,7	10,5	10,3	10,1	9,9	9,7	11,5	11,3
7000	11,0	10,8	10,6	10,4	10,2	10,0	9,8	11,6	11,4	11,2
050	10,9	10,7	10,5	10,3	10,1	9,9	11,7	11,5	11,3	11,1
100	10,8	10,6	10,4	10,2	10,0	11,8	11,6	11,4	11,2	11,0
150	10,7	10,5	10,3	10,1	11,9	11,7	11,5	11,3	11,1	10,9
200	10,6	10,4	10,2	12,0	11,8	11,6	11,4	11,2	11,0	10,8
250	10,5	10,3	12,1	11,9	11,7	11,5	11,3	11,1	10,9	10,7
300	10,4	12,2	12,0	11,8	11,6	11,4	11,2	11,0	10,8	10,6
350	12,3	12,1	11,9	11,7	11,5	11,3	11,1	10,9	10,7	10,5
400	12,2	12,0	11,8	11,6	11,4	11,2	11,0	10,8	10,6	12,4
450	12,1	11,9	11,7	11,5	11,3	11,1	10,9	10,7	12,5	12,3
500	12,0	11,8	11,6	11,4	11,2	11,0	10,8	12,6	12,4	12,2
550	11,9	11,7	11,5	11,3	11,1	10,9	12,7	12,5	12,3	12,1
600	11,8	11,6	11,4	11,2	11,0	12,8	12,6	12,4	12,2	12,0
650	11,7	11,5	11,3	11,1	12,9	12,7	12,5	12,3	12,1	11,9
700	11,6	11,4	11,2	13,0	12,8	12,6	12,4	12,2	12,0	11,8
750	11,5	11,3	13,1	12,9	12,7	12,5	12,3	12,1	11,9	11,7
800	11,4	13,2	13,0	12,8	12,6	12,4	12,2	12,0	11,8	11,6
850	13,3	13,1	12,9	12,7	12,5	12,3	12,1	11,9	11,7	11,5
900	13,2	13,0	12,8	12,6	12,4	12,2	12,0	11,8	11,6	13,4
950	13,1	12,9	12,7	12,5	12,3	12,1	11,9	11,7	13,5	13,3
8000	13,0	12,8	12,6	12,4	12,2	12,0	11,8	13,6	13,4	13,2
050	12,9	12,7	12,5	12,3	12,1	11,9	13,7	13,5	13,3	13,1
100	12,8	12,6	12,4	12,2	12,0	13,8	13,6	13,4	13,2	13,0
150	12,7	12,5	12,3	12,1	13,9	13,7	13,5	13,3	13,1	12,9
200	12,6	12,4	12,2	14,0	13,8	13,6	13,4	13,2	13,0	12,8
250	12,5	12,3	14,1	13,9	13,7	13,5	13,3	13,1	12,9	12,7
300	12,4	14,2	14,0	13,8	13,6	13,4	13,2	13,0	12,8	12,6
350	14,3	14,1	13,9	13,7	13,5	13,3	13,1	12,9	12,7	12,5
400	14,2	14,0	13,8	13,6	13,4	13,2	13,0	12,8	12,6	14,4
450	14,1	13,9	13,7	13,5	13,3	13,1	12,9	12,7	14,5	14,3
500	14,0	13,8	13,6	13,4	13,2	13,0	12,8	14,6	14,4	14,2
550	13,9	13,7	13,5	13,3	13,1	12,9	14,7	14,5	14,3	14,1
600	13,8	13,6	13,4	13,2	13,0	14,8	14,6	14,4	14,2	14,0
650	13,7	13,5	13,3	13,1	14,9	14,7	14,5	14,3	14,1	13,9
700	13,6	13,4	13,2	15,0	14,8	14,6	14,4	14,2	14,0	13,8
750	13,5	13,3	···	14,9	14,7	14,5	14,3	14,1	13,9	13,7
800	13,4	···	15,0	14,8	14,6	14,4	14,2	14,0	13,8	13,6
850	···	···	14,9	14,7	14,5	14,3	14,1	13,9	13,7	13,5
900	···	15,0	14,8	14,6	14,4	14,2	14,0	13,8	13,6	···
950	···	14,9	14,7	14,5	14,3	14,1	13,9	13,7	···	···
9000	15,0	14,8	14,6	14,4	14,2	14,0	13,8	···	···	···
050	14,9	14,7	14,5	14,3	14,1	13,9	···	···	···	···
100	14,8	14,6	14,4	14,2	14,0	···	···	···	···	15,0
150	14,7	14,5	14,3	14,1	···	···	···	···	···	14,9
200	14,6	14,4	14,2	···	···	···	···	···	15,0	14,8
230	14,5	14,3	···	···	···	···	···	···	14,9	14,7
300	14,4	···	···	···	···	···	···	15,0	14,8	14,6
350	···	···	···	···	···	···	···	14,9	14,7	14,5
400	···	···	···	···	···	···	15,0	14,8	14,6	···
450	···	···	···	···	···	···	14,9	14,7	···	···
500	···	···	···	···	···	15,0	14,8	···	···	···
550	···	···	···	···	···	14,9	···	···	···	···
9600	···	···	···	···	15,0	···	···	···	···	···

TABLA Nº 2

P_1 en 0,0 / Q_1 en	L	0 / 16	1 / 15	2 / 14	3 / 13	4 / 12	5 / 11	6 / 10	7 / 9	8 / 8	9 / 7	10 / 6	11 / 5	12 / 4	13 / 3	14 / 2	15 / 1	16 / 0	T	P_2 en 16,0 / Q_2 en
2,0	2,0	83	500	917	1000														2500	14,0
2,1	2,1	79	476	895	1000														2450	13,9
2,2	2,2	76	455	871	999	1000													3400	13,8
2,3	2,3	72	435	845	998	1000													3350	13,7
2,4	2,4	69	417	818	996	1000													3300	13,6
2,5	2,5	67	400	792	992	1000													3250	13,5
2,6	2,6	64	385	765	986	1000													3200	13,4
2,7	2,7	62	370	739	979	1000													3150	13,3
2,8	2,8	60	357	714	970	1000													3100	13,2
2,9	2,9	57	345	690	958	1000													3050	13,1
3,0	3,0	56	333	667	944	1000													3000	13,0
3,1	3,1	54	323	645	929	1000													2950	12,9
3,2	3,2	52	313	625	911	1000													2900	12,8
3,3	3,3	51	303	606	892	999	1000												3850	12,7
3.4	3,4	49	294	588	872	997	1000												3800	12,6
3,5	3,5	48	286	571	851	994	1000												3750	12,5
3,6	3,6	46	278	556	830	990	1000												3700	12,4
3,7	3,7	45	270	541	810	985	1000												3650	12,3
3,8	3,8	44	263	526	789	978	1000												3600	12,2
3,9	3,9	43	256	513	769	969	1000												3550	12,1
4,0	4,0	42	250	500	750	958	1000												3500	12,0
4,1	4,1	41	244	487	732	946	1000												3450	11,9
4,2	4,2	40	238	476	714	932	1000												3400	11,8
4,3	4,3	39	233	465	698	917	999	1000											4350	11,7
4,4	4,4	38	227	455	682	901	998	1000											4300	11,6
4,5	4,5	37	222	444	667	884	995	1000											4250	11,5
4,6	4,6	36	217	435	652	867	992	1000											4200	11,4
4,7	4,7	35	213	426	638	850	988	1000											4150	11,3
4,8	4,8	35	208	417	625	833	982	1000											4100	11,2
4.9	4,9	34	204	408	612	816	975	1000											4050	11,1
5,0	5,0	33	200	400	600	800	967	1000											4000	11,0
5,1	5,1	33	196	392	588	784	957	1000											3950	10,9
5,2	5,2	32	192	385	577	769	945	1000											3900	10,8
5,3	5,3	31	189	377	566	755	933	999	1000										4850	10,7
5,4	5,4	31	185	370	556	741	919	998	1000										4800	10,6
5,5	5,5	30	182	364	545	727	905	996	1000										4750	10,5
5,6	5,6	30	179	357	536	714	891	994	1000										4700	10,4
5,7	5,7	29	175	351	526	702	876	990	1000										4650	10,3
5,8	5,8	29	172	345	517	690	862	985	1000										4600	10,2
5,9	5,9	28	169	339	508	678	847	979	1000										4550	10,1
6,0	6,0	28	167	333	500	667	833	972	1000										4500	10,0
6,1	6,1	27	164	328	492	656	820	964	1000										4450	9,9
6,2	6,2	27	161	323	484	645	806	954	1000										4400	9,8
6,3	6,3	26	159	317	476	635	794	943	999	1000									5350	9,7
6,4	6,4	26	156	313	469	625	781	932	998	1000									5300	9,6
6,5	6,5	26	154	308	462	615	769	920	997	1000									5250	9,5
6,6	6,6	25	152	303	455	606	758	907	995	1000									5200	9,4
6,7	6,7	25	149	299	448	597	746	895	991	1000									5150	9,3
6,8	6,8	25	147	294	441	588	735	882	987	1000									5100	9,2
6,9	6,9	24	145	290	435	580	725	870	982	1000									5050	9,1
7,0	7,0	24	143	286	429	571	714	857	976	1000									5000	9,0
7,1	7,1	23	141	282	423	563	704	845	969	1000									4950	8,9
7,2	7,2	23	139	278	417	556	694	833	960	1000									4900	8,8
7,3	7,3	23	137	274	411	548	685	822	951	999	1000								5850	8,7
7,4	7,4	23	135	270	405	541	676	811	941	999	1000								5800	8,6
7,5	7,5	22	133	267	400	533	667	800	931	997	1000								5750	8,5
7,6	7,6	22	132	263	395	526	658	789	920	995	1000								5700	8,4
7,7	7,7	22	130	260	390	519	649	779	909	993	1000								5650	8,3
7,8	7,8	21	128	256	385	513	641	769	897	989	1000								5600	8,2
7,9	7,9	21	127	253	380	506	633	759	886	985	1000								5550	8,1
8,0	8,0	21	125	250	375	500	625	750	875	979	1000								5500	8,0
8,1	8,1	21	123	247	370	494	617	741	864	973	1000								5450	7,9
8,2	8,2	20	122	244	366	488	610	732	854	965	1000								5400	7,8
8,3	8,3	20	120	241	361	482	602	723	843	957	999	1000							6350	7,7
8,4	8,4	20	119	238	357	476	595	714	833	948	999	1000							6300	7,6
8,5	8,5	20	118	235	353	471	588	706	824	939	998	1000							6250	7,5

TABLA Nº 8 (cont.)

P_1 en 0,0 / Q_1 en	L	0 / 16	1 / 15	2 / 14	3 / 13	4 / 12	5 / 11	6 / 10	7 / 9	8 / 8	9 / 7	10 / 6	11 / 5	12 / 4	13 / 3	14 / 2	15 / 1	16 / 0	T	P_2 en 16,0 / Q_2 en
8,5	8,5	20	118	235	353	471	588	706	824	939	998	1000							6250	7,5
8,6	8,6	19	116	233	349	465	581	698	814	929	996	1000							6200	7,4
8,7	8,7	19	115	230	345	460	575	690	805	919	993	1000							6150	7,3
8,8	8,8	19	114	227	341	455	568	682	795	909	990	1000							6100	7,2
8,9	8,9	19	112	225	337	449	562	674	787	899	986	1000							6050	7,1
9,0	9,0	19	111	222	333	444	556	667	778	889	981	1000							6000	7,0
9,1	9,1	18	110	220	330	440	549	659	769	879	976	1000							5950	6,9
9,2	9,2	18	109	217	326	435	543	652	761	870	969	1000							5900	6,8
9,3	9,3	18	108	215	323	430	538	645	753	860	962	1000							5850	6,7
9,4	9,4	18	106	213	319	426	532	638	745	851	954	999	1000						6800	6,6
9,5	9,5	18	105	211	316	421	526	632	737	842	945	998	1000						6750	6,5
9,6	9,6	17	104	208	313	417	521	625	729	833	936	996	1000						6700	6,4
9,7	9,7	17	103	206	309	412	515	619	722	825	927	994	1000						6650	6,3
9,8	9,8	17	102	204	306	408	510	612	714	816	918	991	1000						6600	6,2
9,9	9,9	17	101	202	303	404	505	606	707	808	909	988	1000						6550	6,1
10,0	10,0	17	100	200	300	400	500	600	700	800	900	983	1000						6500	6,0
10,1	10,1	17	99	198	297	396	495	594	693	792	891	978	1000						6450	5,9
10,2	10,2	16	98	196	294	392	490	588	686	784	882	972	1000						6400	5,8
10,3	10,3	16	97	194	291	388	485	583	680	777	874	965	1000						6350	5,7
10,4	10,4	16	96	192	288	385	481	577	673	769	865	958	999	1000					7300	5,6
10,5	10,5	16	95	190	286	381	476	571	667	762	857	950	998	1000					7250	5,5
10,6	10,6	16	94	189	283	377	472	566	660	755	849	942	998	1000					7200	5,4
10,7	10,7	16	93	187	280	374	467	561	654	748	841	934	995	1000					7150	5,3
10,8	10,8	15	93	185	278	370	463	556	648	741	833	926	992	1000					7100	5,2
10,9	10,9	15	92	183	275	367	459	550	642	734	826	917	989	1000					7050	5,1
11,0	11,0	15	91	182	273	364	455	545	636	727	818	909	985	1000					7000	5,0
11,1	11,1	15	90	180	270	360	450	541	631	721	811	901	980	1000					6950	4,9
11,2	11,2	15	89	179	268	357	446	536	625	714	804	893	975	1000					6900	4,8
11,3	11,3	15	88	177	265	354	442	531	619	708	796	885	968	1000					6850	4,7
11,4	11,4	15	88	175	263	351	439	526	614	702	789	877	962	999	1000				7800	4,6
11,5	11,5	14	87	174	261	348	435	522	609	696	783	870	955	998	1000				7750	4,5
11,6	11,6	14	86	172	259	345	431	517	603	690	776	862	947	997	1000				7700	4,4
11,7	11,7	14	85	171	256	342	427	513	598	684	769	855	940	995	1000				7650	4,3
11,8	11,8	14	85	169	254	339	424	508	593	678	763	847	932	993	1000				7600	4,2
11,9	11,9	14	84	168	252	336	420	504	588	672	756	840	924	990	1000				7550	4,1
12,0	12,0	14	83	167	250	333	417	500	583	667	750	833	917	986	1000				7500	4,0
12,1	12,1	14	83	165	248	331	413	496	579	661	744	826	909	982	1000				7450	3,9
12,2	12,2	14	82	164	246	328	410	492	574	656	738	820	902	977	1000				7400	3,8
12,3	12,3	14	81	163	244	325	407	488	569	650	732	813	894	971	1000				7350	3,7
12,4	12,4	13	81	161	242	323	403	484	565	645	726	806	887	965	999	1000			8300	3,6
12,5	12,5	13	80	160	240	320	400	480	560	640	720	800	880	958	998	1000			8250	3,5
12,6	12,6	13	79	159	238	317	397	476	556	635	714	794	873	952	997	1000			8200	3,4
12,7	12,7	13	79	157	236	315	394	472	551	630	709	787	866	945	995	1000			8150	3,3
12,8	12,8	13	78	156	234	313	391	469	547	625	703	781	859	937	993	1000			8100	3,2
12,9	12,9	13	78	155	233	310	388	465	543	620	698	775	853	930	991	1000			8050	3,1
13,0	13,0	13	77	154	231	308	385	462	538	615	692	769	846	923	987	1000			8000	3,0
13,1	13,1	13	76	153	229	305	382	458	534	611	687	763	840	916	983	1000			7950	2,9
13,2	13,2	13	76	152	227	303	379	455	530	606	682	758	833	909	978	1000			7900	2,8
13,3	13,3	13	75	150	226	301	376	451	526	602	677	752	827	902	973	1000			7850	2,7
13,4	13,4	12	75	149	224	299	373	448	522	597	672	746	821	896	967	999	1000		8800	2,6
13,5	13,5	12	74	148	222	296	370	444	519	593	667	741	815	889	961	998	1000		8750	2,5
13,6	13,6	12	74	147	221	294	368	441	515	588	662	735	809	882	955	997	1000		8700	2,4
13,7	13,7	12	73	146	219	292	365	438	511	584	657	730	803	876	949	996	1000		8650	2,3
13,8	13,8	12	72	145	217	290	362	435	507	580	652	725	797	870	942	994	1000		8600	2,2
13,9	13,9	12	72	144	216	288	360	432	504	576	647	719	791	863	935	991	1000		8550	2,1
14,0	14,0	12	71	143	214	286	357	429	500	571	643	714	786	857	929	988	1000		8500	2,0
14,1	14,1	12	71	142	213	284	355	426	496	567	638	709	780	851	922	984	1000		8450	1,9
14,2	14,2	12	70	141	211	282	352	423	493	563	634	704	775	845	915	980	1000		8400	1,8
14,3	14,3	12	70	140	210	280	350	420	490	559	629	699	769	839	909	975	1000		8350	1,7
14,4	14,4	12	69	139	208	278	347	417	486	556	625	694	764	833	903	970	999	1000	9300	1,6
14,5	14,5	11	69	138	207	276	344	414	483	552	620	690	759	827	897	964	999	1000	9250	1,5
14,6	14,6	11	68	137	205	274	342	411	479	548	616	685	753	822	890	958	998	1000	9200	1,4
14,7	14,7	11	68	136	204	272	340	408	476	544	612	680	748	816	884	952	996	1000	9150	1,3
14,8	14,8	11	68	135	203	270	338	405	473	541	608	676	743	811	878	946	994	1000	9100	1,2
14,9	14,9	11	67	134	201	268	336	403	470	537	604	671	738	805	872	940	992	1000	9050	1,1
15,0	15,0	11	67	133	200	267	333	400	467	533	600	667	733	800	867	933	989	1000	9000	1,0

TABLA Nº 2 (cont.)

P_1 en 0,1 / Q_1 en	L	0 / 16	1 / 15	2 / 14	3 / 13	4 / 12	5 / 11	6 / 10	7 / 9	8 / 8	9 / 7	10 / 6	11 / 5	12 / 4	13 / 3	14 / 2	15 / 1	16 / 0	T	P_2 en 15,9 / Q_2 en
2,1	2,0	61	450	889	1000														2400	13,9
2,2	2,1	58	429	864	999	1000													3350	13,8
2,3	2,2	55	409	838	998	1000													3300	13,7
2,4	2,3	53	391	810	995	1000													3250	13,6
2,5	2,4	51	375	783	991	1000													3200	13,5
2,6	2,5	49	360	756	986	1000													3150	13,4
2,7	2,6	47	346	729	978	1000													3100	13,3
2,8	2,7	45	333	703	968	1000													3050	13,2
2,9	2,8	43	321	679	957	1000													3000	13,1
3,0	2,9	42	310	655	943	1000													2950	13,0
3,1	3,0	41	300	633	926	1000													2900	12,9
3,2	3,1	39	290	613	908	1000													2850	12,8
3,3	3,2	38	281	594	888	999	1000												3800	12,7
3,4	3,3	37	273	576	868	997	1000												3750	12,6
3,5	3,4	36	265	559	847	994	1000												3700	12,5
3,6	3,5	35	257	543	826	990	1000												3650	12,4
3,7	3,6	34	250	528	804	984	1000												3600	12,3
3,8	3,7	33	243	514	783	977	1000												3550	12,2
3,9	3,8	32	237	500	763	968	1000												3500	12,1
4,0	3,9	31	231	487	744	957	1000												3450	12,0
4,1	4,0	30	225	475	725	945	1000												3400	11,9
4,2	4,1	30	220	463	707	930	1000												3350	11,8
4,3	4,2	29	214	452	690	915	999	1000											4300	11,7
4,4	4,3	28	209	442	674	899	998	1000											4250	11,6
4,5	4,4	28	205	432	659	882	995	1000											4200	11,5
4,6	4,5	27	200	422	644	864	992	1000											4150	11,4
4,7	4,6	26	196	413	630	847	988	1000											4100	11,3
4,8	4,7	26	192	404	617	829	982	1000											4050	11,2
4,9	4,8	25	188	396	604	812	975	1000											4000	11,1
5,0	4,9	25	184	388	592	796	966	1000											3950	11,0
5,1	5,0	24	180	380	580	780	956	1000											3900	10,9
5,2	5,1	24	177	373	569	765	944	1000											3850	10,8
5,3	5,2	23	173	365	558	750	931	999	1000										4800	10,7
5,4	5,3	23	170	358	547	736	918	998	1000										4750	10,6
5,5	5,4	23	167	352	537	722	904	996	1000										4700	10,5
5,6	5,5	22	164	345	527	709	889	993	1000										4650	10,4
5,7	5,6	22	161	339	518	696	874	990	1000										4600	10,3
5,8	5,7	21	158	333	509	684	859	985	1000										4550	10,2
5,9	5,8	21	155	328	500	672	845	979	1000										4500	10,1
6,0	5,9	21	153	322	492	661	831	972	1000										4450	10,0
6,1	6,0	20	150	317	483	650	817	963	1000										4400	9,9
6,2	6,1	20	148	311	475	639	803	953	1000										4350	9,8
6,3	6,2	20	145	306	468	629	790	942	999	1000									5300	9,7
6,4	6,3	19	143	302	460	619	778	931	998	1000									5250	9,6
6,5	6,4	19	141	297	453	609	766	919	997	1000									5200	9,5
6,6	6,5	19	138	292	446	600	754	906	994	1000									5150	9,4
6,7	6,6	18	136	288	439	591	742	893	991	1000									5100	9,3
6,8	6,7	18	134	284	433	582	731	880	987	1000									5050	9,2
6,9	6,8	18	132	279	426	574	721	868	982	1000									5000	9,1
7,0	6,9	18	130	275	420	565	710	855	976	1000									4950	9,0
7,1	7,0	17	129	271	414	557	700	843	968	1000									4900	8,9
7,2	7,1	17	127	268	408	549	690	831	960	1000									4850	8,8
7,3	7,2	17	125	264	403	542	681	819	950	999	1000								5800	8,7
7,4	7,3	17	123	260	397	534	671	808	940	999	1000								5750	8,6
7,5	7,4	16	122	257	392	527	662	797	930	997	1000								5700	8,5
7,6	7,5	16	120	253	387	520	653	787	919	995	1000								5650	8,4
7,7	7,6	16	118	250	382	513	645	776	907	992	1000								5600	8,3
7,8	7,7	16	117	247	377	506	636	766	896	989	1000								5550	8,2
7,9	7,8	16	115	244	372	500	628	756	885	984	1000								5500	8,1
8,0	7,9	15	114	241	367	494	620	747	873	979	1000								5450	6,0
8,1	8,0	15	113	238	362	488	612	738	862	972	1000								5400	7,9
8,2	8,1	15	111	235	358	481	605	728	852	965	1000								5350	7,8
8,3	8,2	15	110	232	354	476	598	720	841	956	999	1000							6300	7,7
8,4	8,3	15	108	229	349	470	590	711	831	947	999	1000							6250	7,6
8,5	8,4	14	107	226	345	464	583	702	821	938	998	1000							6200	7,5
8,6	8,5	14	106	224	341	459	576	694	812	928	996	1000							6150	7,4

TABLA Nº 2 (cont.)

P1 en 0,1 / Q1 en	L	0 / 16	1 / 15	2 / 14	3 / 13	4 / 12	5 / 11	6 / 10	7 / 9	8 / 8	9 / 7	10 / 6	11 / 5	12 / 4	13 / 3	14 / 2	15 / 1	16 / 0	T	P2 en 15,9 / Q2 en
8,6	8,5	14	106	224	341	459	576	694	812	928	996	1000							6150	7,4
8,7	8,6	14	105	221	337	453	570	686	802	918	993	1000							6100	7,3
8,8	8,7	14	103	218	333	448	563	678	793	908	990	1000							6050	7,2
8,9	8,8	14	102	216	330	443	557	670	784	898	986	1000							6000	7,1
9,0	8,9	14	101	213	326	438	551	663	775	888	981	1000							5950	7,0
9,1	9,0	14	100	211	322	433	544	656	767	878	975	1000							5900	6,9
9,2	9,1	13	99	209	319	429	538	648	758	868	969	1000							5850	6,8
9,3	9,2	13	98	207	315	424	533	641	750	859	961	1000							5800	6,7
9,4	9,3	13	97	204	312	419	527	634	742	849	953	999	1000						6750	6,6
9,5	9,4	13	96	202	309	415	521	628	734	840	945	998	1000						6700	6,5
9,6	9,5	13	95	200	305	411	516	621	726	832	936	996	1000						6650	6,4
9,7	9,6	13	94	198	302	406	510	615	719	823	927	994	1000						6600	6,3
9,8	9,7	13	93	196	299	402	505	608	711	814	917	991	1000						6550	6,2
9,9	9,8	12	92	194	296	398	500	602	704	806	908	968	1000						6500	6,1
10,0	9,9	12	91	192	293	394	495	596	697	798	899	983	1000						6450	6,0
10,1	10,0	12	90	190	290	390	490	590	690	790	890	978	1000						6400	5,9
10,2	10,1	12	89	188	287	386	485	584	683	782	881	972	1000						6350	5,8
10,3	10,2	12	88	186	284	382	480	578	676	775	873	965	1000						6300	5,7
10,4	10,3	12	87	184	282	379	476	573	670	767	864	958	999	1000					7250	5,6
10,5	10,4	12	87	183	279	375	471	567	663	760	856	950	998	1000					7200	5,5
10,6	10,5	12	86	181	276	371	467	562	657	752	848	942	997	1000					7150	5,4
10,7	10,6	11	85	179	274	368	462	557	651	745	840	934	995	1000					7100	5,3
10,8	10,7	11	84	178	271	364	458	551	645	738	832	925	992	1000					7050	5,2
10,9	10,8	11	83	176	269	361	454	546	639	731	824	917	989	1000					7000	5,1
11,0	10,9	11	83	174	266	358	450	541	633	725	816	908	985	1000					6950	5,0
11,1	11,0	11	82	173	264	355	445	536	627	718	809	900	980	1000					6900	4,9
11,2	11,1	11	81	171	261	351	441	532	622	712	802	892	974	1000					6850	4,8
11,3	11,2	11	80	170	259	348	437	527	616	705	795	884	968	1000					6800	4,7
11,4	11,3	11	80	16[illegible]	257	345	434	522	611	699	788	876	961	999	1000				7750	4,6
11,5	11,4	11	79	167	254	342	430	518	605	693	781	868	954	998	1000				7700	4,5
11,6	11,5	11	78	165	252	339	426	513	600	687	774	861	947	997	1000				7650	4,4
11,7	11,6	10	78	164	250	336	422	509	595	681	767	853	939	995	1000				7600	4,3
11,8	11,7	10	77	162	248	333	419	504	590	675	761	846	932	993	1000				7550	4,2
11,9	11,8	10	76	161	246	331	415	500	585	669	754	839	924	990	1000				7500	4,1
12,0	11,9	10	76	160	244	328	412	496	580	664	748	832	916	986	1000				7450	4,0
12,1	12,0	10	75	158	242	325	408	492	575	658	742	825	908	982	1000				7400	3,9
12,2	12,1	10	74	157	240	322	405	488	570	653	736	818	901	976	1000				7350	3,8
12,3	12,2	10	74	156	238	320	402	484	566	648	730	811	893	971	1000				7300	3,7
12,4	12,3	10	73	154	236	317	398	480	561	642	724	805	886	965	999	1000			8250	3,6
12,5	12,4	10	73	153	234	315	395	476	556	637	718	798	879	958	998	1000			8200	3,5
12,6	12,5	10	72	152	232	312	392	472	552	632	712	792	872	951	997	1000			8150	3,4
12,7	12,6	10	71	151	230	310	389	468	548	627	706	786	865	944	995	1000			8100	3,3
12,8	12,7	10	71	150	228	307	386	465	543	622	701	780	858	937	993	1000			8050	3,2
12,9	12,8	9	70	148	227	305	383	461	539	617	695	773	852	930	991	1000			8000	3,1
13,0	12,9	9	70	147	225	302	380	457	535	612	690	767	845	922	987	1000			7950	3,0
13,1	13,0	9	69	146	223	300	377	454	531	608	685	762	838	915	983	1000			7900	2,9
13,2	13,1	9	69	145	221	298	374	450	527	603	679	756	832	908	978	1000			7850	2,8
13,3	13,2	9	68	144	220	295	371	447	523	598	674	750	826	902	973	1000			7800	2,7
13,4	13,3	9	68	143	218	293	368	444	519	594	669	744	820	895	967	999	1000		8750	2,6
13,5	13,4	9	67	142	216	291	366	440	515	590	664	739	813	888	961	998	1000		8700	2,5
13,6	13,5	9	67	141	215	289	363	437	511	585	659	733	807	881	955	997	1000		8650	2,4
13,7	13,6	9	66	140	213	287	360	434	507	581	654	728	801	875	948	996	1000		8600	2,3
13,8	13,7	9	66	139	212	285	358	431	504	577	650	723	796	869	942	994	1000		8550	2,2
13,9	13,8	9	65	138	210	283	355	428	500	572	645	717	790	862	935	991	1000		8500	2,1
14,0	13,9	9	65	137	209	281	353	424	496	568	640	712	784	856	928	988	1000		8450	2,0
14,1	14,0	9	64	136	207	279	350	421	493	564	636	707	779	850	921	984	1000		8400	1,9
14,2	14,1	9	64	135	206	277	348	418	489	560	631	702	773	844	915	980	1000		8350	1,8
14,3	14,2	9	63	134	204	275	345	415	486	556	627	697	768	838	908	975	1000		8300	1,7
14,4	14,3	8	63	133	203	273	343	413	483	552	622	692	762	832	902	970	999	1000	9250	1,6
14,5	14,4	8	63	132	201	271	340	410	479	549	618	687	757	826	896	964	999	1000	9200	1,5
14,6	14,5	8	62	131	200	269	338	407	476	545	614	683	752	821	890	958	998	1000	9150	1,4
14,7	14,6	8	62	130	199	267	336	404	473	541	610	678	747	815	884	952	996	1000	9100	1,3
14,8	14,7	8	61	129	197	265	333	401	469	537	605	673	741	810	878	945	994	1000	9050	1,2
14,9	14,8	8	61	128	196	264	331	399	466	534	601	669	736	804	872	939	992	1000	9000	1,1
15,0	14,9	8	60	128	195	262	329	396	463	530	597	664	732	799	866	933	989	1000	8950	1,0
15,1	15,0	8	60	127	193	260	327	393	460	527	593	660	727	793	860	927	985	1000	8900	0,9

TABLA Nº 2 (cont.)

P_1 en 0,2 Q_1 en	L	0 16	1 15	2 14	3 13	4 12	5 11	6 10	7 9	8 8	9 7	10 6	11 5	12 4	13 3	14 2	15 1	16 0	T	P_2 en 15,8 Q_2 en
2,2	2,0	43	401	857	999	1000													3300	13,8
2,3	2,1	41	382	830	998	1000													3250	13,7
2,4	2,2	39	363	802	995	1000													3200	13,6
2,5	2,3	37	348	774	991	1000													3150	13,5
2,6	2,4	36	334	746	985	1000													3000	13,4
2,7	2,5	34	321	718	977	1000													2950	13,3
2,8	2,6	33	308	692	967	1000													3000	13,2
2,9	2,7	32	297	667	955	1000													2950	13,1
3,0	2,8	30	286	643	940	1000													2900	13,0
3,1	2,9	29	276	621	924	1000													2850	12,9
3,2	3,0	28	267	600	905	1000													2800	12,8
3,3	3,1	28	258	581	885	999	1000												3750	12,7
3,4	3,2	27	250	562	864	997	1000												3700	12,6
3,5	3,3	26	243	545	842	994	1000												3650	12,5
3,6	3,4	25	236	529	820	989	1000												3600	12,4
3,7	3,5	24	229	514	799	984	1000												3550	12,3
3,8	3,6	24	223	500	777	976	1000												3500	12,2
3,9	3,7	23	217	486	757	967	1000												3450	12,1
4,0	3,8	22	211	474	737	956	1000												3400	12,0
4,1	3,9	22	205	462	718	943	1000												3350	11,9
4,2	4,0	21	200	450	700	929	1000												3300	11,8
4,3	4,1	21	195	439	683	917	999	1000											4250	11,7
4,4	4,2	20	191	429	667	896	997	1000											4200	11,6
4,5	4,3	20	186	419	651	879	995	1000											4150	11,5
4,6	4,4	19	182	409	636	861	992	1000											4100	11,4
4,7	4,5	19	178	400	622	843	987	1000											4050	11,3
4,8	4,6	19	174	391	609	826	981	1000											4000	11,2
4,9	4,7	18	171	383	596	808	974	1000											3950	11,1
5,0	4,8	18	167	375	583	792	965	1000											3900	11,0
5,1	4,9	17	164	367	571	776	955	1000											3850	10,9
5,2	5,0	17	160	360	560	760	943	1000											3800	10,8
5,3	5,1	17	157	353	549	745	930	999	1000										4750	10,7
5,4	5,2	16	154	346	538	731	916	998	1000										4700	10,6
5,5	5,3	16	151	340	528	717	902	996	1000										4650	10,5
5,6	5,4	16	148	333	519	704	887	993	1000										4600	10,4
5,7	5,5	16	146	327	509	691	872	990	1000										4550	10,3
5,8	5,6	15	143	321	500	679	857	985	1000										4500	10,2
5,9	5,7	15	141	316	491	667	842	979	1000										4450	10,1
6,0	5,8	15	138	310	483	655	828	971	1000										4400	10,0
6,1	5,9	14	136	305	475	644	814	962	1000										4350	9,9
6,2	6,0	14	134	300	467	633	800	952	1000										4300	9,8
6,3	6,1	14	131	295	459	623	787	941	999	1000									5250	9,7
6,4	6,2	14	129	290	452	613	774	930	998	1000									5200	9,6
6,5	6,3	14	127	286	444	603	762	917	997	1000									5150	9,5
6,6	6,4	13	125	281	438	594	750	905	994	1000									5100	9,4
6,7	6,5	13	123	277	431	585	738	892	991	1000									5050	9,3
6,8	6,6	13	121	273	424	576	727	879	987	1000									5000	9,2
6,9	6,7	13	120	269	418	567	716	866	982	1000									4950	9,1
7,0	6,8	13	118	265	412	559	706	853	975	1000									4900	9,0
7,1	6,9	12	116	261	406	551	696	841	968	1000									4850	8,9
7,2	7,0	12	114	257	400	543	686	829	959	1000									4800	8,8
7,3	7,1	12	113	254	394	535	676	817	950	999	1000								5750	8,7
7,4	7,2	12	111	250	389	528	667	806	939	999	1000								5700	8,6
7,5	7,3	12	110	247	384	521	658	795	929	997	1000								5650	8,5
7,6	7,4	12	108	243	378	514	649	784	917	995	1000								5600	8,4
7,7	7,5	11	107	240	373	507	640	773	906	992	1000								5550	8,3
7,8	7,6	11	105	237	368	500	632	763	895	989	1000								5500	8,2
7,9	7,7	11	104	234	364	494	623	753	883	984	1000								5450	8,1
8,0	7,8	11	103	231	359	487	615	744	872	979	1000								5400	8,0
[illegible],1	7,9	11	101	228	354	481	608	734	861	972	1000								5350	7,9
8,2	8,0	11	100	225	350	475	600	725	850	964	1000								5300	7,8
8,3	8,1	11	99	222	346	469	593	716	840	956	999	1000							6250	7,7
8,4	8,2	10	98	220	341	463	585	707	829	947	999	1000							6200	7,6
8,5	8,3	10	97	217	337	458	578	699	819	937	997	1000							6150	7,5
[illegible],6	8,4	10	95	214	333	452	571	690	810	927	996	1000							6100	7,4
[illegible],7	8,5	10	94	212	329	447	565	682	800	917	993	1000							6050	7,3

TABLA Nº 2 (cont.

P_1 en 0,2 / Q_1 en	L	0 / 16	1 / 15	2 / 14	3 / 13	4 / 12	5 / 11	6 / 10	7 / 9	8 / 8	9 / 7	10 / 6	11 / 5	12 / 4	13 / 3	14 / 2	15 / 1	16 / 0	T	P_2 en 15,8 / Q_2 en
8,7	8,5	10	94	212	329	447	565	682	800	917	993	1000							6050	7,3
8,8	8,6	10	93	209	326	442	558	674	791	907	990	1000							6000	7,2
8,9	8,7	10	92	207	322	437	552	667	782	897	986	1000							5950	7,1
9,0	8,8	10	91	205	318	432	545	659	773	886	981	1000							5900	7,0
9,1	8,9	10	90	202	315	427	539	652	764	876	975	1000							5850	6,9
9,2	9,0	9	89	200	311	422	533	644	756	867	968	1000							5800	6,8
9,3	9,1	9	88	198	308	418	527	637	747	857	961	1000							5750	6,7
9,4	9,2	9	87	196	304	413	522	630	739	848	953	999	1000						6700	6,6
9,5	9,3	9	86	194	301	409	516	624	731	839	944	998	1000						6650	6,5
9,6	9,4	9	85	191	298	404	511	617	723	830	935	996	1000						6600	6,4
9,7	9,5	9	84	189	295	400	505	611	716	821	926	994	1000						6550	6,3
9,8	9,6	9	83	188	292	396	500	604	708	812	917	991	1000						6500	6,2
9,9	9,7	9	83	186	289	392	495	598	701	804	907	987	1000						6450	6,1
10,0	9,8	[illegible]	82	184	286	388	490	592	694	796	898	983	1000						6400	6,0
10,1	9,9	9	81	182	283	384	485	586	687	788	889	978	1000						6350	5,9
10,2	10,0	9	80	180	280	380	480	580	680	780	880	971	1000						6300	5,8
10,3	10,1	8	79	178	277	376	475	574	673	772	871	965	1000						6250	5,7
10,4	10,2	8	79	176	275	373	471	569	667	765	863	957	999	1000					7200	5,6
10,5	10,3	8	78	175	272	369	466	563	660	757	854	949	998	1000					7150	5,5
10,6	[illegible]	[illegible]	77	173	269	365	462	558	654	750	846	941	997	1000					7100	5,4
10,7	10,5	[illegible]	76	171	267	362	457	552	648	743	838	933	995	1000					7050	5,3
10,8	10,6	[illegible]	76	170	264	358	453	547	642	736	830	924	992	1000					7000	5,2
10,9	10,7	[illegible]	75	168	262	355	449	542	636	729	[illegible]	916	989	1000					6950	5,1
11,0	10,8	8	74	167	259	352	444	537	630	[illegible]	815	907	985	1000					6900	5,0
11,1	10,9	[illegible]	73	165	257	349	440	532	624	716	807	899	980	1000					6850	4,9
11,2	11,0	[illegible]	73	164	255	345	436	527	618	709	800	891	974	1000					6800	4,8
11,3	11,1	[illegible]	72	162	252	342	432	523	613	703	793	883	968	1000					6750	4,7
11,4	11,2	8	72	161	250	339	429	518	607	696	786	875	961	999	1000				7700	4,6
11,5	11,3	[illegible]	71	159	248	336	425	513	602	690	779	867	954	998	1000				7650	4,5
11,6	11,4	7	70	158	246	333	421	509	596	684	772	860	946	997	1000				7600	4,4
11,7	11,5	7	70	157	243	330	417	504	591	678	765	852	939	995	1000				7550	4,3
11,8	11,6	7	69	155	241	328	414	500	586	672	759	845	931	993	1000				7500	4,2
11,9	11,7	7	68	154	239	325	[illegible]	496	581	667	752	838	923	990	1000				7450	4,1
12,0	11,8	7	68	153	237	322	407	492	576	661	746	831	915	986	1000				7400	4,0
12,1	11,9	7	67	151	235	319	403	487	571	655	739	824	908	981	1000				7350	3,9
12,2	12,0	7	67	150	233	317	400	483	567	650	733	817	900	976	1000				7300	3,8
12,3	12,1	7	66	149	231	314	397	479	562	645	727	810	893	970	1000				7250	3,7
12,4	12,2	7	66	148	230	311	393	475	557	639	721	803	885	964	999	1000			8200	3,6
12,5	12,3	7	65	146	228	309	390	472	553	634	715	797	878	958	998	1000			8150	3,5
12,6	12,4	7	65	145	226	306	387	468	548	629	710	790	871	951	997	1000			8100	3,4
12,7	12,5	7	64	144	224	304	384	464	544	624	704	784	864	944	995	1000			8050	3,3
12,8	12,6	7	64	143	222	302	381	460	540	619	698	778	857	936	993	1000			8000	3,2
12,9	12,7	7	63	142	220	299	378	457	535	614	693	772	850	929	990	1000			7950	3,1
13,0	12,8	7	63	141	219	297	375	453	531	609	688	766	844	922	987	1000			7900	3,0
13,1	12,9	7	62	140	217	295	372	450	527	605	682	760	837	915	983	1000			7850	2,9
13,2	13,0	7	62	138	215	292	369	446	523	600	677	754	831	908	978	1000			7800	2,8
13,3	13,1	7	61	137	214	290	366	443	519	595	672	748	824	901	973	1000			7750	2,7
13,4	13,2	6	61	136	212	288	364	439	515	591	667	742	818	894	967	999	1000		8700	2,6
13,5	13,3	6	60	135	211	286	361	436	511	586	662	737	812	887	961	998	1000		8650	2,5
13,6	13,4	6	60	134	209	284	358	432	507	582	657	731	806	881	954	997	1000		8600	2,4
13,7	13,5	6	59	133	207	281	356	430	504	578	652	726	800	874	948	996	1000		8550	2,3
13,8	13,6	6	59	132	206	279	353	426	500	574	647	721	794	868	941	994	1000		8500	2,2
13,9	13,7	6	58	131	204	277	350	423	496	569	642	715	788	861	934	991	1000		8450	2,1
14,0	13,8	6	58	130	203	275	348	420	493	565	638	710	783	855	928	988	1000		8400	2,0
14,1	13,9	6	58	129	201	273	345	417	489	561	633	705	777	849	921	984	1000		8350	1,9
14,2	14,0	6	57	129	200	271	343	414	486	557	629	700	771	843	914	980	1000		8300	1,8
14,3	14,1	6	57	128	199	270	340	411	482	553	624	695	766	837	908	975	1000		8250	1,7
14,4	14,2	6	56	127	197	268	338	408	479	549	620	690	761	831	901	969	999	1000	9200	1,6
14,5	14,3	6	56	126	196	266	336	406	476	545	615	685	755	825	895	964	999	1000	9150	1,5
14,6	14,4	[illegible]	56	125	194	264	333	403	472	542	611	681	750	819	889	958	997	1000	9100	1,4
14,7	14,5	6	55	124	193	262	331	400	469	538	607	676	745	814	883	951	996	1000	9050	1,3
14,8	14,6	6	55	123	192	260	329	397	466	534	603	671	740	808	877	945	994	1000	9000	1,2
14,9	14,7	6	55	122	190	259	327	395	463	531	599	667	735	803	871	939	992	1000	8950	1,1
15,0	14,8	6	54	122	189	257	324	392	459	527	595	662	730	797	865	932	989	1000	8900	1,0
15,1	14,9	6	54	121	188	255	322	389	456	523	591	658	725	792	859	926	985	1000	8850	0,9
15,2	15,0	6	53	120	187	253	320	387	453	520	587	653	720	787	853	920	981	1000	8800	0,8

TABLA Nº 2 (cont.)

P_1 en 0,3 / Q_1 en	L	0 / 16	1 / 15	2 / 14	3 / 13	4 / 12	5 / 11	6 / 10	7 / 9	8 / 8	9 / 7	10 / 6	11 / 5	12 / 4	13 / 3	14 / 2	15 / 1	16 / 0	T	P_2 en 15,7 / Q_2 en
2,3	2,0	29	352	821	998	1000													3200	13,7
2,4	2,1	27	335	792	995	1000													3150	13,6
2,5	2,2	26	319	764	991	1000													3100	13,5
2,6	2,3	25	306	734	984	1000													3050	13,4
2,7	2,4	24	294	706	976	1000													3000	13,3
2,8	2,5	23	282	679	966	1000													2950	13,2
2,9	2,6	22	271	654	953	1000													2900	13,1
3,0	2,7	21	261	630	938	1000													2850	13,0
3,1	2,8	20	252	607	921	1000													2800	12,9
3,2	2,9	20	243	586	902	1000													2750	12,8
3,3	3,0	19	235	567	881	998	1000												3700	12,7
3,4	3,1	18	227	548	859	997	1000												3650	12,6
3,5	3,2	18	220	531	837	993	1000												3600	12,5
3,6	3,3	17	213	515	815	989	1000												3550	12,4
3,7	3,4	17	207	500	793	983	1000												3500	12,3
3,8	3,5	16	201	486	771	976	1000												3450	12,2
3,9	3,6	16	196	472	750	966	1000												3400	12,1
4,0	3,7	15	190	459	730	955	1000												3350	12,0
4,1	3,8	15	185	447	711	942	1000												3300	11,9
4,2	3,9	15	181	436	684	925	1000												3250	11,8
4,3	4,0	14	176	425	675	911	999	1000											4200	11,7
4,4	4,1	14	172	415	659	894	997	1000											4150	11,6
4,5	4,2	14	168	405	643	876	995	1000											4100	11,5
4,6	4,3	13	164	395	628	858	992	1000											4050	11,4
4,7	4,4	13	160	386	614	840	987	1000											4000	11,3
4,8	4,5	13	157	378	600	822	981	1000											3950	11,2
4,9	4,6	12	153	370	587	804	974	1000											3900	11,1
5,0	4,7	12	150	362	574	787	965	1000											3850	11,0
5,1	4,8	12	147	354	562	771	954	1000											3800	10,9
5,2	4,9	12	144	347	551	755	942	1000											3750	10,8
5,3	5,0	11	141	340	540	740	929	999	1000										4700	10,7
5,4	5,1	11	138	333	529	725	915	998	1000										4650	10,6
5,5	5,2	11	135	327	519	712	900	996	1000										4600	10,5
5,6	5,3	11	133	321	509	698	884	993	1000										4550	10,4
5,7	5,4	11	130	315	500	685	870	989	1000										4500	10,3
5,8	5,5	10	128	309	491	673	854	984	1000										4450	10,2
5,9	5,6	10	126	304	482	661	839	978	1000										4400	10,1
6,0	5,7	10	124	298	474	649	825	971	1000										4350	10,0
6,1	5,8	10	121	293	466	638	810	962	1000										4300	9,9
6,2	5,9	10	119	288	458	627	797	952	1000										4250	9,8
6,3	6,0	10	117	283	450	617	783	940	999	1000									5200	9,7
6,4	6,1	9	115	279	443	607	770	929	998	1000									5150	9,6
6,5	6,2	9	114	274	435	597	758	916	997	1000									5100	9,5
6,6	6,3	9	112	270	429	587	746	903	994	1000									5050	9,4
6,7	6,4	9	110	266	422	578	734	890	991	1000									5000	9,3
6,8	6,5	9	108	262	415	569	723	877	987	1000									4950	9,2
6,9	6,6	9	107	258	409	561	712	864	982	1000									4900	9,1
7,0	6,7	9	105	254	403	552	701	851	975	1000									4850	9,0
7,1	6,8	8	104	250	397	544	691	838	967	1000									4800	8,9
7,2	6,9	8	102	246	391	536	681	826	959	1000									4750	8,8
7,3	7,0	8	101	243	386	529	671	814	949	999	1000								5700	8,7
7,4	7,1	8	99	239	380	521	662	803	939	998	1000								5650	8,6
7,5	7,2	8	98	236	375	514	653	792	928	997	1000								5600	8,5
7,6	7,3	8	97	233	370	507	644	781	916	995	1000								5550	8,4
7,7	7,4	8	95	230	365	500	635	770	905	992	1000								5500	8,3
7,8	7,5	8	94	227	360	493	627	760	893	989	1000								5450	8,2
7,9	7,6	8	93	224	355	487	618	750	882	984	1000								5400	8,1
8,0	7,7	7	91	221	351	481	610	740	870	978	1000								5350	8,0
8,1	7,8	7	90	218	346	474	603	731	859	972	1000								5300	7,9
8,2	7,9	7	89	215	342	468	595	722	848	964	1000								5250	7,8
8,3	8,0	7	88	213	337	463	587	713	837	955	999	1000							6200	7,7
8,4	8,1	7	87	210	333	457	580	704	827	946	999	1000							6150	7,6
8,5	8,2	7	86	207	329	451	573	695	817	936	997	1000							6100	7,5
8,6	8,3	7	85	205	325	446	566	687	807	926	996	1000							6050	7,4
8,7	8,4	7	84	202	321	440	560	679	798	916	993	1000							6000	7,3
8,8	8,5	7	83	200	318	435	553	671	788	906	990	1000							5950	7,2

TABLA Nº 2 (cont.)

P_1 en 0,3 Q_1 en	L	0 16	1 15	2 14	3 13	4 12	5 11	6 10	7 9	8 8	9 7	10 6	11 5	12 4	13 3	14 2	15 1	16 0	T	P_2 en 15,7 Q_2 en
8,8	8,5	7	83	200	318	435	553	671	788	906	990	1000							5950	7,2
8,9	8,6	7	82	198	314	430	547	663	779	895	986	1000							5900	7,1
9,0	8,7	7	81	195	310	425	540	655	770	885	981	1000							5850	7,0
9,1	8,8	6	80	193	307	420	534	648	761	875	975	1000							5800	6,9
9,2	8,9	6	79	191	303	416	528	640	753	865	968	1000							5750	6,8
9,3	9,0	6	78	189	300	411	522	633	744	856	960	999	1000						6700	6,7
9,4	9,1	6	77	187	297	407	516	626	736	846	952	999	1000						6650	6,6
9,5	9,2	6	77	185	293	402	511	620	728	837	943	998	1000						6600	6,5
9,6	9,3	6	76	183	290	398	505	613	720	828	934	996	1000						6550	6,4
9,7	9,4	6	75	181	287	394	500	606	713	819	926	994	1000						6500	6,3
9,8	9,5	6	74	179	284	389	495	600	705	811	916	991	1000						6450	6,2
9,9	9,6	6	73	177	281	385	490	594	698	802	906	987	1000						6400	6,1
10,0	9,7	6	73	175	278	381	485	588	691	794	897	983	1000						6350	6,0
10,1	9,8	6	72	173	276	378	480	582	684	786	888	977	1000						6300	5,9
10,2	9,9	6	71	172	273	374	475	576	677	778	879	971	1000						6250	5,8
10,3	10,0	6	70	170	270	370	470	570	670	770	870	964	1000						6200	5,7
10,4	10,1	6	70	168	267	366	465	564	663	762	861	957	999	1000					7150	5,6
10,5	10,2	6	69	167	265	363	461	559	657	755	853	949	998	1000					7100	5,5
10,6	10,3	6	68	165	262	359	456	553	650	748	845	941	997	1000					7050	5,4
10,7	10,4	5	68	163	260	356	452	548	644	740	837	932	995	1000					7000	5,3
10,8	10,5	5	67	162	257	352	448	543	638	733	829	924	992	1000					6950	5,2
10,9	10,6	5	66	160	255	349	443	538	632	726	821	915	989	1000					6900	5,1
11,0	10,7	5	66	159	252	346	439	533	626	720	813	907	984	1000					6850	5,0
11,1	10,8	5	65	157	250	343	435	528	620	713	806	898	979	1000					6800	4,9
11,2	10,9	5	65	156	248	339	431	523	615	706	798	890	974	1000					6750	4,8
11,3	11,0	5	64	155	245	336	427	518	609	700	791	882	968	1000					6700	4,7
11,4	11,1	5	64	153	243	333	423	514	604	694	784	874	961	999	1000				7650	4,6
11,5	11,2	5	63	152	241	330	420	509	598	688	777	866	953	998	1000				7600	4,5
11,6	11,3	5	62	150	239	327	416	504	593	681	770	858	946	997	1000				7550	4,4
11,7	11,4	5	62	149	237	325	412	500	588	675	763	851	938	995	1000				7500	4,3
11,8	11,5	5	61	148	235	322	409	496	583	670	757	843	930	993	1000				7450	4,2
11,9	11,6	5	61	147	233	319	405	491	578	664	750	836	922	990	1000				7400	4,1
12,0	11,7	5	60	145	231	316	402	487	573	658	744	829	915	986	1000				7350	4,0
12,1	11,8	5	60	144	229	314	398	483	568	653	737	822	907	981	1000				7300	3,9
12,2	11,9	5	59	143	227	311	395	479	563	647	731	815	899	976	1000				7250	3,8
12,3	12,0	5	59	142	225	308	392	475	558	642	725	808	892	970	1000				7200	3,7
12,4	12,1	5	58	140	223	306	388	471	554	636	719	802	884	964	999	1000			8150	3,6
12,5	12,2	5	58	139	221	303	385	467	549	631	713	795	877	957	998	1000			8100	3,5
12,6	12,3	5	57	138	220	301	382	463	545	626	707	789	870	950	997	1000			8050	3,4
12,7	12,4	5	57	137	218	298	379	460	540	621	702	782	863	943	995	1000			8000	3,3
12,8	12,5	5	56	136	216	296	376	456	536	616	696	776	856	936	993	1000			7950	3,2
12,9	12,6	5	56	135	214	294	373	452	532	611	690	770	849	929	990	1000			7900	3,1
13,0	12,7	5	55	134	213	291	370	449	528	606	685	764	843	921	987	1000			7850	3,0
13,1	12,8	4	55	133	211	289	367	445	523	602	680	758	836	914	983	1000			7800	2,9
13,2	12,9	4	55	132	209	287	364	442	519	597	674	752	829	907	978	1000			7750	2,8
13,2	13,0	4	54	131	208	285	362	438	515	592	669	746	823	900	973	1000			7700	2,7
13,4	13,1	4	54	130	206	282	359	435	511	588	664	740	817	893	967	999	1000		8650	2,6
13,5	13,2	4	53	129	205	280	356	432	508	583	659	735	811	886	961	998	1000		8600	2,5
13,6	13,3	4	53	128	203	278	353	429	504	579	654	729	805	880	954	997	1000		8550	2,4
13,7	13,4	4	53	127	201	276	351	425	500	575	649	724	799	873	947	996	1000		8500	2,3
13,8	13,5	4	52	126	200	274	348	422	496	570	644	719	793	867	941	994	1000		8450	2,2
13,9	13,6	4	52	125	199	272	346	419	493	566	640	713	787	860	934	991	1000		8400	2,1
14,0	13,7	4	51	124	197	270	343	416	489	562	635	708	781	854	927	988	1000		8350	2,0
14,1	13,8	4	51	123	196	268	341	413	486	558	630	703	775	848	920	984	1000		8300	1,9
14,2	13,9	4	51	122	194	266	338	410	482	554	626	698	770	842	914	979	1000		8250	1,8
14,3	14,0	4	50	121	193	264	336	407	479	550	621	693	764	836	907	974	1000		8200	1,7
14,4	14,1	4	50	121	191	262	333	404	475	546	617	688	759	830	901	969	999	1000	9150	1,6
14,5	14,2	4	50	120	190	261	331	401	472	542	613	683	754	824	894	963	999	1000	9100	1,5
14,6	14,3	4	49	119	189	259	329	399	469	538	608	678	748	818	888	957	997	1000	9050	1,4
14,7	14,4	4	49	118	187	257	326	396	465	535	604	674	743	813	882	951	996	1000	9000	1,3
14,8	14,5	4	49	117	186	255	324	393	462	531	600	669	738	807	876	945	994	1000	8950	1,2
14,9	14,6	4	48	116	185	253	322	390	459	527	596	664	733	801	870	938	992	1000	8900	1,1
15,0	14,7	4	48	116	184	252	320	388	456	524	592	660	728	796	864	932	989	1000	8850	1,0
15,1	14,8	4	48	115	182	250	318	385	453	520	588	655	723	791	858	926	985	1000	8800	0,9
15,2	14,9	4	47	114	181	248	315	383	450	517	584	651	718	785	852	919	981	1000	8750	0,8
15,3	15,0	4	47	113	180	247	313	380	447	513	580	647	713	780	847	913	976	1000	8700	0,7

TABLA Nº 2 (cont.)

P_1 en 0,4 / Q_1 en	L	0 / 16	1 / 15	2 / 14	3 / 13	4 / 12	5 / 11	6 / 10	7 / 9	8 / 8	9 / 7	10 / 6	11 / 5	12 / 4	13 / 3	14 / 2	15 / 1	16 / 0	T	P_2 en 15,6 / Q_2 en
2,4	2,0	18	305	782	995	1000													3100	13,6
2,5	2,1	17	291	752	990	1000													3050	13,5
2,6	2,2	16	277	723	934	1000													3000	13,4
2,7	2,3	16	266	694	975	1000													2950	13,3
2,8	2,4	15	254	666	964	1000													2900	13,2
2,9	2,5	14	244	640	951	1000													2850	13,1
3,0	2,6	14	235	615	936	1000													2800	13,0
3,1	2,7	13	226	593	918	1000													2750	12,9
3,2	2,8	13	218	571	898	1000													2700	12,8
3,3	2,9	12	211	552	877	998	1000												3650	12,7
3,4	3,0	12	204	533	855	996	1000												3600	12,6
3,5	3,1	12	197	516	832	993	1000												3550	12,5
3,6	3,2	11	191	500	809	989	1000												3500	12,4
3,7	3,3	11	185	485	787	983	1000												3450	12,3
3,8	3,4	11	180	471	764	975	1000												3400	12,2
3,9	3,5	10	174	457	743	965	1000												3350	12,1
4,0	3,6	10	170	444	722	954	1000												3300	12,0
4,1	3,7	10	165	432	703	940	1000												3250	11,9
4,2	3,8	9	161	421	684	925	1000												3200	11,8
4,3	3,9	9	157	410	667	908	999	1000											4150	11,7
4,4	4,0	9	153	400	650	891	997	1000											4100	11,6
4,5	4,1	9	149	390	634	873	995	1000											4050	11,5
4,6	4,2	9	145	381	619	955	991	1000											4000	11,4
4,7	4,3	8	142	372	605	836	987	1000											3950	11,3
4,8	4,4	8	139	364	591	818	981	1000											3900	11,2
4,9	4,5	8	136	356	578	800	973	1000											3850	11,1
5,0	4,6	8	133	348	565	783	964	1000											3800	11,0
5,1	4,7	8	130	340	553	766	953	1000											3750	10,9
5,2	4,8	8	127	333	542	750	941	1000											3700	10,8
5,3	4,9	7	125	327	531	735	927	999	1000										4650	10,7
5,4	5,0	7	122	320	520	720	913	998	1000										4600	10,6
5,5	5,1	7	120	314	510	706	898	996	1000										4550	10,5
5,6	5,2	7	117	308	500	692	883	993	1000										4500	10,4
5,7	5,3	7	116	302	491	679	867	989	1000										4450	10,3
5,8	5,4	7	113	296	481	667	852	984	1000										4400	10,2
5,9	5,5	7	111	291	473	655	836	978	1000										4350	10,1
6,0	5,6	6	109	286	464	643	821	970	1000										4300	10,0
6,1	5,7	6	107	281	456	632	807	961	1000										4250	9,9
6,2	5,8	6	105	276	448	621	793	951	1000										4200	9,8
6,3	5,9	6	104	271	441	610	780	939	999	1000									5150	9,7
6,4	6,0	6	102	267	433	600	767	927	998	1000									5100	9,6
6,5	6,1	6	100	262	426	590	754	915	995	1000									5050	9,5
6,6	6,2	6	98	258	419	581	742	902	994	1000									5000	9,4
6,7	6,3	6	97	254	413	571	730	888	991	1000									4950	9,3
6,8	6,4	6	95	250	406	563	719	875	987	1000									4900	9,2
6,9	6,5	6	94	246	400	554	708	862	981	1000									4850	9,1
7,0	6,6	5	93	242	394	545	697	848	975	1000									4800	9,0
7,1	6,7	5	91	239	388	537	687	836	967	1000									4750	8,9
7,2	6,8	5	90	235	382	529	676	824	958	1000									4700	8,8
7,3	6,9	5	89	232	377	522	667	812	948	999	1000								5650	8,7
7,4	7,0	5	87	229	371	514	657	800	938	998	1000								5600	8,6
7,5	7,1	5	86	225	366	507	648	789	927	997	1000								5550	8,5
7,6	7,2	5	85	222	361	500	639	778	915	995	1000								5500	8,4
7,7	7,3	5	84	219	356	493	630	767	903	992	1000								5450	8,3
7,8	7,4	5	83	216	351	486	622	757	892	988	1000								5400	8,2
7,9	7,5	5	81	213	347	480	613	747	880	984	1000								5350	8,1
8,0	7,6	5	80	211	342	474	605	737	868	978	1000								5300	8,0
[illegible],1	7,7	5	79	208	338	468	597	727	857	971	1000								5250	7,9
8,2	7,8	5	78	205	333	462	590	718	846	963	1000								5200	7,8
8,3	7,9	5	77	203	329	456	582	709	835	955	999	1000							6150	7,7
8,4	8,0	5	76	200	325	450	575	700	825	945	999	1000							6100	7,6
8,5	8,1	4	75	198	321	444	568	691	815	936	997	1000							6050	7,5
[illegible],6	8,2	4	74	195	317	439	561	683	805	926	996	1000							6000	7,4
8,7	8,3	4	74	193	313	[illegible]34	554	675	795	915	993	1000							5950	7,3
8,8	8,4	4	73	190	310	429	548	667	786	905	990	1000							5900	7,2
8,9	8,5	4	72	18[illegible]	306	42[illegible]	541	659	776	894	986	1000							5850	7,1

TABLA Nº 2 (cont.)

P_1 en 0,4 / Q_1 en	L	0 / 16	1 / 15	2 / 14	3 / 13	4 / 12	5 / 11	6 / 10	7 / 9	8 / 8	9 / 7	10 / 6	11 / 5	12 / 4	13 / 3	14 / 2	15 / 1	16 / 0	T	P_2 en 15,6 / Q_2 en
8,9	8,5	4	72	188	306	424	541	659	776	894	986	1000							5850	7,1
9,0	8,6	4	71	186	302	419	535	651	767	884	981	1000							5800	7,0
9,1	8,7	4	70	184	299	414	529	644	759	874	975	1000							5750	6,9
9,2	8,8	4	69	182	295	409	523	636	750	864	968	1000							5700	6,8
9,3	8,9	4	69	180	292	404	517	629	742	854	960	999	1000						6650	6,7
9,4	9,0	4	68	178	289	400	511	622	733	844	951	999	1000						6600	6,6
9,5	9,1	4	67	176	286	396	505	615	725	835	943	998	1000						6550	6,5
9,6	9,2	4	66	174	283	391	500	609	717	826	934	996	1000						6500	6,4
9,7	9,3	4	66	172	280	387	495	602	710	817	924	994	1000						6450	6,3
9,8	9,4	4	65	170	277	383	489	596	702	809	915	991	1000						6400	6,2
9,9	9,5	4	64	168	274	379	484	589	695	800	905	987	1000						6350	6,1
10,0	9,6	4	64	167	271	375	479	583	688	792	896	983	1000						6300	6,0
10,1	9,7	4	63	165	268	371	474	577	680	784	887	977	1000						6250	5,9
10,2	9,8	4	62	163	265	367	469	571	673	776	878	971	1000						6200	5,8
10,3	9,9	4	62	162	263	364	465	566	667	768	869	964	1000						6150	5,7
10,4	10,0	4	61	160	260	360	460	560	660	760	860	956	999	1000					7100	5,6
10,5	10,1	4	60	158	257	356	455	554	653	752	851	948	998	1000					7050	5,5
10,6	10,2	4	60	157	255	353	451	549	647	745	843	940	996	1000					7000	5,4
10,7	10,3	3	59	155	252	350	447	544	641	738	835	932	994	1000					6950	5,3
10,8	10,4	3	59	154	250	346	442	538	635	731	827	923	992	1000					6900	5,2
10,9	10,5	3	58	152	248	343	438	533	629	724	819	914	988	1000					6850	5,1
11,0	10,6	3	58	151	245	340	434	528	623	717	811	906	984	1000					6800	5,0
11,1	10,7	3	57	150	243	336	430	523	617	710	804	897	979	1000					6750	4,9
11,2	10,8	3	57	148	241	333	426	519	611	704	796	889	974	1000					6700	4,8
11,3	10,9	3	56	147	239	330	422	514	606	697	789	881	967	1000					6650	4,7
11,4	11,0	3	56	145	236	327	418	509	600	691	782	873	960	999	1000				7600	4,6
11,5	11,1	3	55	144	234	324	414	505	595	685	775	865	953	998	1000				7550	4,5
11,6	11,2	3	55	143	232	321	411	500	589	679	768	857	945	997	1000				7500	4,4
11,7	11,3	3	54	142	230	319	407	496	584	673	761	850	938	995	1000				7450	4,3
11,8	11,4	3	54	140	228	316	404	491	579	667	754	842	930	993	1000				7400	4,2
11,9	11,5	3	53	139	226	313	400	487	574	661	748	835	922	989	1000				7350	4,1
12,0	11,6	3	53	138	224	310	397	483	569	655	741	828	914	986	1000				7300	4,0
12,1	11,7	3	52	137	222	308	393	479	564	650	735	821	906	981	1000				7250	3,9
12,2	11,8	3	52	136	220	305	390	475	559	644	729	814	898	976	1000				7200	3,8
12,3	11,9	3	51	134	218	303	387	471	555	639	723	807	891	970	1000				7150	3,7
12,4	12,0	3	51	133	217	300	383	467	550	633	717	800	883	964	999	1000			8100	3,6
12,5	12,1	3	50	132	215	298	380	463	545	628	711	793	876	957	998	1000			8050	3,5
12,6	12,2	3	50	131	213	295	377	459	541	623	705	787	869	950	997	1000			8000	3,4
12,7	12,3	3	50	130	211	293	374	455	537	618	699	780	862	943	995	1000			7950	3,3
12,8	12,4	3	49	129	210	290	371	452	532	613	694	774	855	935	993	1000			7900	3,2
12,9	12,5	3	49	128	208	288	368	448	528	608	688	768	848	928	990	1000			7850	3,1
13,0	12,6	3	48	127	206	286	365	444	524	603	683	762	841	921	987	1000			7800	3,0
13,1	12,7	3	48	126	205	283	362	441	520	598	677	756	835	913	983	1000			7750	2,9
13,2	12,8	3	48	125	203	281	359	438	516	594	672	750	828	906	978	1000			7700	2,8
13,3	12,9	3	47	124	202	279	357	434	512	589	667	744	822	899	972	1000			7650	2,7
13,4	13,0	3	47	123	200	277	354	431	508	585	662	738	815	892	966	999	1000		8600	2,6
13,5	13,1	3	47	122	198	275	351	427	504	580	656	733	809	885	960	998	1000		8550	2,5
13,6	13,2	3	46	121	197	273	348	424	500	576	652	727	803	879	954	997	1000		8500	2,4
13,7	13,3	3	46	120	195	271	346	421	496	571	647	722	797	872	947	996	1000		8450	2,3
13,8	13,4	3	46	119	194	268	343	418	493	567	642	716	791	866	940	994	1000		8400	2,2
13,9	13,5	3	45	119	193	267	341	415	489	563	637	711	785	859	933	991	1000		8350	2,1
14,0	13,6	3	45	118	191	265	338	412	485	559	632	706	779	853	926	988	1000		8300	2,0
14,1	13,7	3	45	117	190	263	336	409	482	554	628	701	774	847	919	984	1000		8250	1,9
14,2	13,8	3	44	116	188	261	333	406	478	551	623	696	768	841	913	979	1000		8200	1,8
14,3	13,9	3	44	115	187	259	331	403	475	547	619	691	763	835	906	974	1000		8150	1,7
14,4	14,0	3	44	114	186	257	329	400	471	543	614	686	757	829	900	969	999	1000	9100	1,6
14,5	14,1	3	43	113	184	255	326	397	468	539	610	681	752	823	894	963	999	1000	9050	1,5
14,6	14,2	3	43	113	183	254	324	394	465	535	606	676	746	817	887	957	997	1000	9000	1,4
14,7	14,3	3	43	112	182	252	322	392	462	531	601	671	741	811	881	951	996	1000	8950	1,3
14,8	14,4	3	42	111	181	250	319	389	458	528	597	667	736	806	875	944	994	1000	8900	1,2
14,9	14,5	2	42	110	179	248	317	386	455	524	593	662	731	800	869	938	992	1000	8850	1,1
15,0	14,6	2	42	110	178	247	315	383	452	521	589	657	726	795	863	932	989	1000	8800	1,0
15,1	14,7	2	42	109	177	245	313	381	449	517	585	653	721	789	857	925	985	1000	8750	0,9
15,2	14,8	2	41	108	176	243	311	378	446	514	581	649	716	784	851	919	981	1000	8700	0,8
15,3	14,9	2	41	107	174	242	308	376	443	510	577	644	711	779	846	913	976	1000	8650	0,7
15,4	15,0	2	41	107	173	240	307	373	440	507	573	640	707	773	840	907	971	999	9600	0,6

TABLA Nº 2 (cont.)

P_1 en 0,5	L	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	T	P_2 en 15,5
Q_1 en		16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0		Q_2 en
2,5	2,0	10	260	740	990	1000													3000	13,5
2,6	2,1	10	248	709	983	1000													2950	13,4
2,7	2,2	9	236	681	974	1000													2900	13,3
2,8	2,3	9	226	652	963	1000													2850	13,2
2,9	2,4	9	217	625	949	1000													2800	13,1
3,0	2,5	8	208	600	933	1000													2750	13,0
3,1	2,6	8	200	578	915	1000													2700	12,9
3,2	2,7	8	193	556	894	1000													2650	12,8
3,3	2,8	7	186	536	872	998	1000												3600	12,7
3,4	2,9	7	180	517	850	996	1000												3550	12,6
3,5	3,0	7	174	500	826	993	1000												3500	12,5
3,6	3,1	7	168	484	803	988	1000												3450	12,4
3,7	3,2	7	163	469	780	982	1000												3400	12,3
3,8	3,3	6	158	455	757	974	1000												3350	12,2
3,9	3,4	6	153	441	735	964	1000												3300	12,1
4,0	3,5	6	149	429	714	952	1000												3250	12.0
4,1	3,6	6	145	417	694	938	1000												3200	11,9
4,2	3,7	6	141	405	676	923	1000												3150	11,8
4,3	3,8	5	137	395	658	906	999	1000											4100	11,7
4,4	3,9	5	134	385	641	882	997	1000											4050	11,6
4,5	4,0	5	130	375	625	870	995	1000											4000	11,5
4,6	4,1	5	127	366	610	851	991	1000											3950	11,4
4,7	4,2	5	124	357	595	832	986	1000											3900	11,3
4,8	4,3	5	121	349	581	814	980	1000											3850	11,2
4,9	4,4	5	118	341	568	795	972	1000											3800	11,1
5,0	4,5	5	116	333	556	778	963	1000											3750	11,0
5,1	4,6	5	113	326	543	761	952	1000											3700	10,9
5,2	4,7	4	111	319	532	745	939	1000											3650	10,8
5,3	4,8	4	109	313	521	729	926	999	1000										4600	10,7
5,4	4,9	4	106	306	510	714	911	998	1000										4550	10,6
5,5	5,0	4	104	300	500	700	896	996	1000										4500	10,5
5,6	5,1	4	102	294	490	685	880	993	1000										4450	10,4
5,7	5,2	4	100	288	481	673	865	989	1000										4400	10,3
5,8	5,3	4	98	283	472	660	849	984	1000										4350	10,2
5,9	5,4	4	96	278	463	648	833	977	1000										4300	10,1
6,0	5,5	4	95	273	455	636	818	970	1000										4250	10,0
6,1	5,6	4	93	268	446	625	804	960	1000										4200	9,9
6,2	5,7	4	91	263	439	614	789	950	1000										4150	9,8
6,3	5,8	4	90	259	431	603	776	938	999	1000									5100	9,7
6,4	5,9	4	88	254	424	593	763	926	998	1000									5050	9,6
6,5	6,0	3	87	250	417	583	750	913	997	1000									5000	9,5
6,6	6,1	3	85	246	410	574	738	900	994	1000									4950	9,4
6,7	6,2	3	84	242	403	565	726	886	991	1000									4900	9,3
6,8	6,3	3	83	238	397	556	714	873	986	1000									4850	9,2
6,9	6,4	3	81	234	391	547	703	859	981	1000									4800	9,1
7,0	6,5	3	80	231	385	538	692	846	974	1000									4750	9,0
7,1	6,6	3	79	227	379	530	682	833	966	1000									4700	8,9
7,2	6,7	3	78	224	373	522	672	821	957	1000									4650	8,8
7,3	6,8	3	77	221	368	515	662	809	947	999	1000								5600	8,7
7,4	6,9	3	75	217	362	507	652	797	937	998	1000								5550	8,6
7,5	7,0	3	74	214	357	500	643	786	926	997	1000								5500	8,5
7,6	7,1	3	73	211	352	493	634	775	914	995	1000								5450	8,4
7,7	7,2	3	72	208	347	486	625	764	902	992	1000								5400	8,3
7,8	7,3	3	71	205	343	479	616	753	890	988	1000								5350	8,2
7,9	7,4	3	70	203	338	473	608	743	878	984	1000								5300	8,1
8,0	7,5	3	69	200	333	467	600	733	867	978	1000								5250	8,0
8,1	7,6	3	69	197	329	461	592	724	855	971	1000								5200	7,9
8,2	7,7	3	68	195	325	455	584	714	844	963	1000								5150	7,8
8,3	7,8	3	67	192	321	449	577	705	833	954	999	1000							6100	7,7
8,4	7,9	3	66	190	316	443	570	696	823	945	999	1000							6050	7,6
8,5	8,0	3	65	188	312	438	562	688	812	935	997	1000							6000	7,5
8,6	8,1	3	64	185	309	432	556	679	802	925	996	1000							5950	7,4
8,7	8,2	3	64	183	305	427	549	671	793	914	993	1000							5900	7,3
8,8	8,3	3	63	181	301	422	542	663	783	903	990	1000							5850	7,2
8,9	8,4	2	62	179	298	417	536	655	774	893	986	1000							5800	7,1
9,0	8,5	2	61	176	294	412	529	647	765	882	980	1000							5750	7,0

TABLA Nº 2 (cont.)

P_1 en 0,5 Q_1 en	L	0 16	1 15	2 14	3 13	4 12	5 11	6 10	7 9	8 8	9 7	10 6	11 5	12 4	13 3	14 2	15 1	16 0	T	P_2 en 15,5 Q_2 en
9,0	8,5	2	61	176	294	412	529	647	765	882	980	1000							5750	7,0
9,1	8,6	2	61	174	291	407	523	640	756	872	974	1000							5700	6,9
9,2	8,7	[illegible]	60	172	287	402	517	632	747	862	967	1000							5650	6,8
9,3	8,8	2	59	170	284	398	511	625	739	852	959	999	1000						6600	6,7
9,4	8,9	2	59	169	281	393	506	618	730	843	951	999	1000						6550	6,6
9,5	9,0	2	58	167	278	389	500	611	722	833	942	998	1000						6500	6,5
9,6	9,1	2	57	165	275	385	495	604	714	824	933	996	1000						6450	6,4
9,7	9,2	2	57	163	272	380	489	598	707	815	923	994	1000						6400	6,3
9,8	9,3	2	56	161	269	376	484	591	699	806	914	991	1000						6350	6,2
9,9	9,4	2	55	160	266	372	479	585	691	798	904	987	1000						6300	6,1
10,0	9,5	2	55	158	263	368	474	579	684	789	895	982	1000						6250	6,0
10,1	9,6	2	54	156	260	365	469	573	677	781	885	977	1000						6200	5,9
10,2	9,7	2	54	155	258	361	464	567	679	773	876	971	1000						6150	5,8
10,3	9,8	2	53	153	255	357	459	561	663	765	867	964	1000						6100	5,7
10,4	9,9	2	53	152	253	354	455	556	657	758	859	956	999	1000					7050	5,6
10,5	10,0	[illegible]	52	150	250	350	450	550	650	750	850	948	998	1000					7000	5,5
10,6	10,1	[illegible]	52	148	248	347	446	545	644	743	842	940	996	1000					6950	5,4
10,7	10,2	[illegible]	51	147	245	343	441	539	637	735	833	931	994	1000					6900	5,3
10,8	10,3	2	51	146	243	340	437	534	631	728	825	922	992	1000					6850	5,2
10,9	10,4	2	50	144	240	337	433	529	625	721	817	913	988	1000					6800	5,1
11,0	10,5	[illegible]	50	143	238	333	429	524	619	714	810	905	984	1000					6750	5,0
11,1	10,6	2	49	142	236	330	425	519	613	708	802	896	979	1000					6700	4,9
11,2	10,7	[illegible]	49	140	234	327	421	514	607	701	794	888	973	1000					6650	4,8
11,3	10,8	2	48	139	231	324	417	509	602	694	787	880	967	1000					6600	4,7
11,4	10,9	2	48	138	229	321	413	505	596	688	780	872	960	999	1000				7550	4,6
11,5	11,0	2	47	136	227	318	409	500	591	682	773	864	953	998	1000				7500	4,5
11,6	11,1	2	47	135	225	315	405	495	586	676	766	856	945	997	1000				7450	4,4
11,7	11,2	2	47	134	223	313	402	491	580	670	759	848	937	995	1000				7400	4,3
11,8	11,3	2	46	133	221	310	398	487	575	664	752	841	929	992	1000				7350	4,2
11,9	11,4	[illegible]	46	132	219	307	395	482	570	658	746	833	921	989	1000				7300	4,1
12,0	11,5	2	45	130	217	304	391	478	565	652	739	826	913	986	1000				7250	4,0
12,1	11,6	2	45	129	216	302	388	474	560	647	733	819	905	981	1000				7200	3,9
12,2	11,7	2	45	128	214	299	385	470	556	641	726	812	897	976	1000				7150	3,8
12,3	11,8	[illegible]	44	127	212	297	381	466	551	636	720	805	890	970	1000				7100	3,7
12,4	11,9	2	44	126	210	294	378	462	546	630	714	798	882	963	999	1000			8050	3,6
12,5	12,0	2	43	125	208	292	375	458	542	625	708	792	875	957	998	1000			8000	3,5
12,6	12,1	2	43	124	207	289	372	455	537	620	702	785	868	950	997	1000			7950	3,4
12,7	12,2	2	43	123	205	287	369	451	533	615	697	779	861	942	995	1000			7900	3,3
12,8	12,3	2	42	122	203	285	366	447	528	610	691	772	854	935	993	1000			7850	3,2
12,9	12,4	[illegible]	42	121	202	282	363	444	524	605	685	766	847	927	990	1000			7800	3,1
13,0	12,5	2	42	120	200	280	360	440	520	600	680	760	840	920	987	1000			7750	3,0
13,1	12,6	2	41	119	198	278	357	437	516	595	675	754	833	913	982	1000			7700	2,9
13,2	12,7	2	41	118	197	276	354	433	512	591	669	748	827	906	978	1000			7650	2,8
13,3	12,8	2	41	117	195	273	352	430	508	586	664	742	820	898	972	1000			7600	2,7
13,4	12,9	2	40	116	194	271	349	426	504	581	659	736	814	891	966	999	1000		8550	2,6
13,5	13,0	2	40	115	192	269	346	423	500	577	654	731	808	885	960	998	1000		8500	2,5
13,6	13,1	2	40	115	191	267	344	420	496	573	649	725	802	878	953	997	1000		8450	2,4
13,7	13,2	2	39	114	189	265	341	417	492	568	644	720	795	871	947	996	1000		8400	2,3
13,8	13,3	[illegible]	39	113	188	263	338	414	489	564	639	714	789	865	940	994	1000		8350	2,2
13,9	13,4	[illegible]	39	112	187	261	336	410	485	560	634	709	784	858	933	991	1000		8300	2,1
14,0	13,5	2	39	111	185	259	333	407	481	556	630	704	778	852	926	988	1000		8250	2,0
14,1	13,6	2	38	110	184	257	331	404	478	551	625	699	772	846	919	984	1000		8200	1,9
14,2	13,7	2	38	109	182	256	328	402	474	547	621	693	766	839	912	979	1000		8150	1,8
14,3	13,8	2	38	109	181	254	326	399	471	543	616	688	761	833	906	974	1000		8100	1,7
14,4	13,9	1	37	108	180	252	324	396	468	540	612	683	755	827	899	969	999	1000	9050	1,6
14,5	14,0	1	37	107	179	250	321	393	464	536	607	679	750	821	893	963	999	1000	9000	1,5
14,6	14,1	1	37	106	177	248	319	390	461	532	603	674	745	816	887	957	997	1000	8950	1,4
14,7	14,2	1	37	106	176	246	317	387	458	528	599	669	739	810	880	950	996	1000	8900	1,3
14,8	14,3	[illegible]	36	105	175	245	315	385	455	524	594	664	734	804	874	944	994	1000	8850	1,2
14,9	14,4	1	36	104	174	243	312	382	451	521	590	660	729	799	868	937	992	1000	8800	1,1
15,0	14,5	1	36	103	172	241	310	379	448	517	586	655	724	793	862	931	989	1000	8750	1,0
15,1	14,6	1	36	103	171	240	308	377	445	514	582	651	719	788	856	925	985	1000	8700	0,9
15,2	14,7	1	35	102	170	238	306	374	442	510	578	646	714	782	850	918	981	1000	8650	0,8
15,3	14,8	1	35	101	169	236	304	372	439	507	574	642	709	777	845	912	976	1000	8600	0,7
15,4	14,9	1	35	101	168	235	302	369	436	503	570	638	705	772	839	906	971	999	9550	0,6
15,5	15,0	1	35	100	167	233	300	367	433	500	567	633	700	767	833	900	965	999	9500	0,5

TABLA Nº 2 (cont.)

P_1 en 0,6 / Q_1 en	L	0 / 16	1 / 15	2 / 14	3 / 13	4 / 12	5 / 11	6 / 10	7 / 9	8 / 8	9 / 7	10 / 6	11 / 5	12 / 4	13 / 3	14 / 2	15 / 1	16 / 0	T	P_2 en 15,4 / Q_2 en
2,6	2,0	5	218	695	982	1000													2900	13,4
2,7	2,1	5	208	665	973	1000													2850	13,3
2,8	2,2	5	198	637	961	1000													2800	13,2
2,9	2,3	5	190	609	947	1000													2750	13,1
3,0	2,4	4	182	583	931	1000													2700	13,0
3,1	2,5	4	174	560	911	1000													2650	12,9
3,2	2,6	4	168	539	890	999	1000												3600	12,8
3,3	2,7	4	161	519	868	998	1000												3550	12,7
3,4	2,8	4	156	500	844	996	1000												3500	12,6
3,5	2,9	4	150	483	820	993	1000												3450	12,5
3,6	3,0	4	145	467	796	988	1000												3400	12,4
3,7	3,1	3	141	452	773	982	1000												3350	12,3
3,8	3,2	3	136	438	750	973	1000												3300	12,2
3,9	3,3	3	132	424	727	963	1000												3250	12,1
[illegible],0	3,4	3	128	412	706	951	1000												3200	12,0
[illegible],1	3,5	3	125	400	686	937	1000												3150	11,9
4,2	3,6	3	121	389	667	921	1000												3100	11,8
4,3	3,7	3	118	378	649	903	999	1000											4050	11,7
4,4	3,8	3	115	368	632	885	997	1000											4000	11,6
[illegible],5	3,9	3	112	359	615	866	995	1000											3950	11,5
4,6	4,0	3	109	350	600	847	991	1000											3900	11,4
4,7	4,1	3	106	341	585	828	986	1000											3850	11,3
[illegible],8	4,2	3	104	333	571	809	980	1000											3800	11,2
4,9	4,3	2	101	326	558	791	972	1000											3750	11,1
5,0	4,4	2	99	318	545	773	962	1000											3700	11,0
5,1	4,5	2	97	311	533	756	951	1000											3650	10,9
5,2	4,6	2	95	304	522	739	938	1000											3600	10,8
5,3	4,7	2	93	298	511	723	924	999	1000										4550	10,7
5,4	4,8	2	91	292	500	708	909	998	1000										4500	10,6
5,5	4,9	2	89	286	490	694	894	996	1000										4450	10,5
5,6	5,0	2	87	280	480	680	878	993	1000										4400	10,4
5,7	5,1	2	85	275	471	667	862	989	1000										4350	10,3
5,8	5,2	2	84	269	462	654	846	984	1000										4300	10,2
5,9	5,3	2	82	264	453	642	830	977	1000										4250	10,1
6,0	5,4	2	81	259	444	630	815	969	1000										4200	10,0
6,1	5,5	2	79	255	436	618	800	960	1000										4150	9,9
6,2	5,6	2	78	250	429	607	786	949	1000										4100	9,8
6,3	5,7	2	76	246	421	596	772	937	999	1000									5050	9,7
6,4	5,8	2	75	241	414	586	759	925	998	1000									5000	9,6
6,5	5,9	2	74	237	407	576	746	912	996	1000									4950	9,5
6,6	6,0	2	73	233	400	567	733	898	994	1000									4900	9,4
6,7	6,1	2	71	230	393	557	721	885	991	1000									4850	9,3
6,8	6,2	2	70	226	387	548	710	871	986	1000									4800	9,2
6,9	6,3	2	69	222	381	540	698	857	981	1000									4750	9,1
7,0	6,4	2	68	219	375	531	687	844	974	1000									4700	9,0
7,1	6,5	2	67	215	369	523	677	831	966	1000									4650	8,9
7,2	6,6	2	66	212	364	515	667	818	957	1000									4600	8,8
7,3	6,7	2	65	209	358	507	657	806	947	999	1000								5550	8,7
7,4	6,8	2	64	206	353	500	647	794	936	998	1000								5500	8,6
7,5	6,9	2	63	203	348	493	638	783	925	997	1000								5450	8,5
7,6	7,0	2	62	200	343	486	629	771	913	995	1000								5400	8,4
7,7	7,1	2	61	197	338	479	620	761	901	992	1000								5350	8,3
7,8	7,2	1	61	194	333	472	611	750	889	988	1000								5300	8,2
7,9	7,3	1	60	192	329	466	603	740	877	983	1000								5250	8,1
8,0	7,4	1	59	189	324	459	595	730	865	977	1000								5200	8,0
8,1	7,5	1	58	187	320	453	587	720	853	970	1000								5150	7,9
8,2	7,6	1	57	184	316	447	579	711	842	962	1000								5100	7,8
8,3	7,7	1	57	182	312	442	571	701	831	954	999	1000							6050	7,7
8,4	7,8	1	56	179	308	436	564	692	821	944	999	1000							6000	7,6
8,5	7,9	1	55	177	304	430	557	684	810	934	997	1000							5950	7,5
8,6	8,0	1	55	175	300	425	550	675	800	924	995	1000							5900	7,4
8,7	8,1	1	54	173	296	420	543	667	790	913	[illegible]	1000							5850	7,3
8,8	8,2	1	53	171	293	415	537	659	780	902	990	1000							5800	7,2
8,9	8,3	1	53	169	289	410	530	651	771	892	985	1000							5750	7,1
9,0	8,4	1	52	167	286	405	524	643	762	881	980	1000							5700	7,0
9,1	8,5	1	51	165	282	400	518	635	753	871	974	1000							5650	6,9

TABLA Nº 2 (cont.)

P₁ en 0,6 / Q₁ en	L	0 / 16	1 / 15	2 / 14	3 / 13	4 / 12	5 / 11	6 / 10	7 / 9	8 / 8	9 / 7	10 / 6	11 / 5	12 / 4	13 / 3	14 / 2	15 / 1	16 / 0	T	P₂ en 15,4 / Q₂ en
9,1	8,5	1	51	165	282	400	518	635	753	871	974	1000							5650	6,9
9,2	8,6	1	51	163	279	395	512	628	744	860	967	1000							5600	6,8
9,3	8,7	1	50	161	276	391	506	621	736	851	959	999	1000						6550	6,7
9,4	8,8	1	50	159	273	386	500	614	727	841	950	999	1000						6500	6,6
9,5	8,9	1	49	157	270	382	494	607	719	831	941	998	1000						6450	6,5
9,6	9,0	1	49	156	267	378	489	600	711	822	932	996	1000						6400	6,4
9,7	9,1	1	48	154	264	374	484	593	703	813	923	994	1000						6350	6,3
9,8	9,2	1	47	152	261	370	478	587	696	804	913	991	1000						6300	6,2
9,9	9,3	1	47	151	258	366	473	581	688	796	903	987	1000						6250	6,1
10,0	9,4	1	46	149	255	362	468	574	681	787	894	982	1000						6200	6,0
10,1	9,5	1	46	147	253	358	463	568	674	779	884	977	1000						6150	5,9
10,2	9,6	1	45	146	250	354	458	563	667	771	875	970	1000						6100	5,8
10,3	9,7	1	45	144	247	351	454	557	660	763	866	963	1000						6050	5,7
10,4	9,8	1	44	143	245	347	449	551	653	755	857	956	999	1000					7000	5,6
10,5	9,9	1	44	141	242	343	444	545	646	747	848	947	998	1000					6950	5,5
10,6	10,0	1	44	140	240	340	440	540	640	740	840	939	996	1000					6900	5,4
10,7	10,1	1	43	139	238	337	436	535	634	733	832	930	994	1000					6850	5,3
10,8	10,2	1	43	137	235	333	431	529	627	725	824	921	992	1000					6800	5,2
10,9	10,3	1	42	136	233	330	427	524	621	718	816	913	988	1000					6750	5,1
11,0	10,4	1	42	135	231	327	423	519	615	712	808	904	984	1000					6700	5,0
11,1	10,5	1	42	133	229	324	419	514	610	705	800	895	979	1000					6650	4,9
11,2	10,6	1	41	132	226	321	415	509	604	698	792	887	973	1000					6600	4,8
11,3	10,7	1	41	131	224	318	411	505	598	692	785	879	967	1000					6550	4,7
11,4	10,8	1	40	130	222	315	407	500	593	685	778	870	960	999	1000				7500	4,6
11,5	10,9	1	40	128	220	312	404	495	587	679	771	862	952	998	1000				7450	4,5
11,6	11,0	1	40	127	218	309	400	491	582	673	764	855	944	997	1000				7400	4,4
11,7	11,1	1	39	126	216	306	396	486	577	667	757	847	936	995	1000				7350	4,3
11,8	11,2	1	39	125	214	304	393	482	571	661	750	839	928	992	1000				7300	4,2
11,9	11,3	1	39	124	212	301	389	478	566	655	743	832	920	989	1000				7250	4,1
12,0	11,4	1	38	123	211	298	386	474	561	649	737	825	912	985	1000				7200	4,0
12,1	11,5	1	38	122	209	296	383	470	557	643	730	817	904	981	1000				7150	3,9
12,2	11,6	1	38	121	207	293	379	466	552	638	724	810	897	975	1000				7100	3,8
12,3	11,7	1	37	120	205	291	376	462	547	632	718	803	889	969	1000				7050	3,7
12,4	11,8	1	37	119	203	288	373	458	542	627	712	797	881	963	999	1000			8000	3,6
12,5	11,9	1	37	118	202	286	370	454	538	622	706	790	874	956	998	1000			7950	3,5
12,6	12,0	1	36	117	200	283	367	450	533	617	700	783	867	949	997	1000			7900	3,4
12,7	12,1	1	36	116	198	281	364	446	529	612	694	777	860	942	995	1000			7850	3,3
12,8	12,2	1	36	115	197	279	361	443	525	607	689	770	852	934	993	1000			7800	3,2
12,9	12,3	1	35	114	195	276	358	439	520	602	683	764	846	927	990	1000			7750	3,1
13,0	12,4	1	35	113	194	274	355	435	516	597	677	758	839	919	987	1000			7700	3,0
13,1	12,5	1	35	112	192	272	352	432	512	592	672	752	832	912	982	1000			7650	2,9
13,2	12,6	1	35	111	190	270	349	429	508	587	667	746	825	905	977	1000			7600	2,8
13,3	12,7	1	34	110	189	268	346	425	504	583	661	740	819	898	972	1000			7550	2,7
13,4	12,8	1	34	109	188	266	344	422	500	578	656	734	812	891	966	999	1000		8500	2,6
13,5	12,9	1	34	109	186	264	341	419	496	574	651	729	806	884	960	998	1000		8450	2,5
13,6	13,0	1	34	108	185	262	338	415	492	569	646	723	800	877	953	997	1000		8400	2,4
13,7	13,1	1	33	107	183	260	336	412	489	565	641	718	794	870	946	996	1000		8350	2,3
13,8	13,2	1	33	106	182	258	333	409	485	561	636	712	788	864	939	994	1000		8300	2,2
13,9	13,3	1	33	105	180	256	331	406	481	556	632	707	782	857	932	991	1000		8250	2,1
14,0	13,4	1	33	104	179	254	328	403	478	552	627	701	776	851	925	988	1000		8200	2,0
14,1	13,5	1	32	104	178	252	326	400	474	548	622	696	770	844	919	984	1000		8150	1,9
14,2	13,6	1	32	103	176	245	324	397	471	544	618	691	765	838	912	979	1000		8100	1,8
14,3	13,7	1	32	102	175	248	321	394	467	540	613	686	759	832	905	974	1000		8050	1,7
14,4	13,8	1	32	101	174	246	319	391	464	536	609	681	754	826	899	968	999	1000	9000	1,6
14,5	13,9	1	31	101	173	245	317	388	460	532	604	676	748	820	892	963	999	1000	8950	1,5
14,6	14,0	1	31	100	171	243	314	386	457	529	600	671	743	814	886	956	997	1000	8900	1,4
14,7	14,1	1	31	99	170	241	312	383	454	525	596	667	738	809	879	950	996	1000	8850	1,3
14,8	14,2	1	31	99	169	239	310	380	451	521	592	662	732	802	873	944	994	1000	8800	1,2
14,9	14,3	1	30	98	168	238	308	378	448	517	587	657	727	797	867	937	992	1000	8750	1,1
15,0	14,4	1	30	97	167	236	306	375	444	514	583	653	722	792	861	931	988	1000	8700	1,0
15,1	14,5	1	30	97	166	234	303	372	441	510	579	648	717	786	855	924	985	1000	8650	0,9
15,2	14,6	1	30	96	164	233	301	370	438	507	575	644	712	781	849	918	980	1000	8600	0,8
15,3	14,7	1	30	95	163	231	299	367	435	503	571	639	707	776	844	912	976	1000	8550	0,7
15,4	14,8	1	29	95	162	230	297	365	432	500	568	635	703	770	838	905	971	999	9500	0,6
15,5	14,9	1	29	94	161	228	295	362	430	497	564	631	698	765	832	899	965	999	9450	0,5
15,6	15,0	1	29	93	160	227	293	360	427	493	560	627	693	760	827	893	959	998	9400	0,4

TABLA Nº 2 (cont.)

P1 en 0,7 / Q1 en	L	0 / 16	1 / 15	2 / 14	3 / 13	4 / 12	5 / 11	6 / 10	7 / 9	8 / 8	9 / 7	10 / 6	11 / 5	12 / 4	13 / 3	14 / 2	15 / 1	16 / 0	T	P2 en 15,3 / Q2 en
2,7	2,0	2	179	648	971	1000													2600	13,3
2,8	2,1	2	170	618	959	1000													2750	13,2
2,9	2,2	2	162	591	945	1000													2700	13,1
3,0	2,3	2	155	565	928	1000													2650	13,0
3,1	2,4	2	149	542	908	1000													2600	12,9
3,2	2,5	2	143	520	886	999	1000												3550	12.8
3,3	2,6	2	137	500	863	998	1000												3500	12.7
3,4	2,7	2	132	481	839	996	1000												3450	12.6
3,5	2,8	2	128	464	814	993	1000												3400	12.5
3,6	2,9	2	123	448	789	988	1000												3350	12,4
3,7	3,0	2	119	433	765	981	1000												3300	12,3
3,8	3,1	1	115	419	742	972	1000												3250	12,2
3,9	3,2	1	112	406	719	962	1000												3200	12,1
4,0	3,3	1	108	394	697	949	1000												3150	12,0
4,1	3,4	1	105	382	676	935	1000												3100	11,9
4,2	3,5	1	102	371	657	918	1000												3050	11,8
4,3	3,6	1	99	361	639	901	999	1000											4000	11,7
4,4	3,7	1	97	351	622	682	997	1000											3950	11,6
4,5	3,8	1	94	342	605	863	995	1000											3900	11,5
4,6	3,9	1	92	333	590	843	991	1000											3850	11,4
4,7	4,0	1	89	325	575	824	986	1000											3800	11,3
4,8	4,1	1	87	317	561	805	979	1000											3750	11,2
4,9	4,2	1	85	310	548	786	971	1000											3700	11,1
5,0	4,3	1	83	302	535	767	961	1000											3650	11,0
5,1	4,4	1	81	295	523	750	950	1000											3600	10,9
5,2	4,5	1	79	289	511	733	937	1000											3550	10,8
5,3	4,6	1	78	283	500	717	922	999	1000										4500	10,7
5,4	4,7	1	76	277	489	702	907	998	1000										4450	10,6
5,5	4,8	1	74	271	479	687	891	996	1000										4400	10,5
5,6	4,9	1	73	265	469	673	875	993	1000										4350	10,4
5,7	5,0	1	71	260	460	660	859	989	1000										4300	10,3
5,8	5,1	1	70	255	451	647	843	983	1000										4250	10,2
5,9	5,2	1	69	250	442	635	827	977	1000										4200	10,1
6,0	5,3	1	67	245	434	623	811	969	1000										4150	10,0
6,1	5,4	1	66	241	426	611	796	959	1000										4100	9,9
6,2	5,5	1	65	236	418	600	782	948	1000										4050	9,8
6,3	5,6	1	64	232	411	589	768	936	999	1000									5000	9,7
6,4	5,7	1	63	228	404	579	754	924	998	1000									4950	9,6
6,5	5,8	1	62	224	397	569	741	910	996	1000									4900	9,5
6,6	5,9	1	61	220	390	559	729	896	994	1000									4850	9,4
6,7	6,0	1	60	217	383	550	717	883	990	1000									4800	9,3
6,8	6,1	1	59	213	377	541	705	869	986	1000									4750	9,2
6,9	6,2	1	58	210	371	532	694	855	980	1000									4700	9,1
7,0	6,3	1	57	206	365	524	683	841	974	1000									4650	9,0
7,1	6,4	1	56	203	359	516	672	828	965	1000									4600	8,9
7,2	6,5	1	55	200	354	508	662	815	956	1000									4550	8,8
7,3	6,6	1	54	197	348	500	652	803	946	999	1000								5500	8,7
7,4	6,7	1	53	194	343	493	642	791	935	998	1000								5450	8,6
7,5	6,8	1	53	191	338	485	632	779	923	997	1000								5400	8,5
7,6	6,9	1	52	188	333	478	623	768	911	995	1000								5350	8,4
7,7	7,0	1	51	186	329	471	614	757	899	992	1000								5300	8,3
7,8	7,1	1	50	183	324	465	606	746	887	988	1000								5250	8,2
7,9	7,2	1	50	181	319	458	597	736	875	983	1000								5200	8,1
[illegible],0	7,3	1	49	178	315	452	589	726	863	977	1000								5150	8,0
[illegible],1	7,4	1	48	176	311	446	581	716	851	970	1000								5100	7,9
[illegible],2	7,5	1	48	173	307	440	573	707	840	982	1000								5050	7,8
8,3	7,6	1	47	171	303	434	566	697	829	953	999	1000							6000	7,7
[illegible],4	7,7	1	46	169	299	429	558	688	818	943	999	1000							5950	7,6
[illegible],5	7,8	1	46	167	295	423	551	679	808	933	997	1000							5900	7,5
[illegible],6	7,9	1	45	165	291	418	544	671	797	923	995	1000							5850	7,4
8,7	8,0	1	45	163	287	413	537	663	787	912	993	1000							5800	7,3
8,8	8,1	1	44	160	284	407	531	654	778	901	989	1000							5750	7,2
8,9	8,2	1	44	159	280	402	524	646	768	890	985	1000							5700	7,1
9,0	8,3	1	43	157	277	398	518	639	759	880	980	1000							5650	7,0
9,1	8,4	1	43	155	274	393	512	631	750	869	974	1000							5600	6,9
9,2	8,5	1	42	153	271	388	506	624	741	859	966	1000							5550	6,8

TABLA Nº 2 (cont.)

P_1 en 0,7 Q_1 en	L	1 15	2 14	3 13	4 12	5 11	6 10	7 9	8 8	9 7	10 6	11 5	12 4	13 3	14 2	15 1	16 0	17 -1	T	P_2 en 15,3 Q_2 en
9,2	8,5	42	153	271	388	506	624	741	859	966	1000								5550	6,8
9,3	8,6	42	151	267	384	500	616	733	849	958	999	1000							6500	6,7
9,4	8,7	41	149	264	379	494	609	724	839	950	999	1000							6450	6,6
9,5	8,8	41	148	261	375	489	602	716	830	941	998	1000							6400	6,5
9,6	8,9	40	146	258	371	483	596	708	820	931	996	1000							6350	6,4
9,7	9,0	40	144	256	367	478	589	700	811	922	994	1000							6300	6,3
9,8	9,1	39	143	253	363	473	582	692	802	912	991	1000							6250	6,2
9,9	9,2	39	141	250	359	467	576	685	793	902	987	1000							6200	6,1
10,0	9,3	38	140	247	355	462	570	677	785	892	982	1000							6150	6,0
10,1	9,4	38	138	245	351	457	564	670	777	883	976	1000							6100	5,9
10,2	9,5	38	137	242	347	453	558	663	768	874	970	1000							6050	5,8
10,3	9,6	37	135	240	344	442	552	656	760	865	963	1000							6000	5,7
10,4	9,7	37	134	237	340	443	546	649	753	856	955	999	1000						6950	5,6
10,5	9,8	36	133	235	337	439	541	643	745	847	947	998	1000						6900	5,5
10,6	9,9	36	131	232	333	434	535	636	737	838	938	996	1000						6850	5,4
10,7	10,0	36	130	230	330	430	530	630	730	830	930	994	1000						6800	5,3
10,8	10,1	35	129	228	327	426	525	624	723	822	921	992	1000						6750	5,2
10,9	10,2	35	127	225	324	422	520	618	716	814	912	988	1000						6700	5,1
11,0	10,3	35	126	223	320	417	515	612	709	806	903	984	1000						6650	5,0
11,1	10,4	34	125	221	317	413	510	606	702	798	894	979	1000						6600	4,9
11,2	10,5	34	124	219	314	410	505	600	695	790	886	973	1000						6550	4,8
11,3	10,6	34	123	217	311	406	500	594	689	783	877	966	1000						6500	4,7
11,4	10,7	33	121	215	308	402	495	589	682	776	869	959	999	1000					7450	4,6
11,5	10,8	33	120	213	306	398	491	583	676	769	861	952	998	1000					7400	4,5
11,6	10,9	33	119	211	303	394	486	578	670	761	853	944	997	1000					7350	4,4
11,7	11,0	32	118	209	300	391	482	573	664	755	845	936	995	1000					7300	4,3
11,8	11,1	32	117	207	297	387	477	568	658	748	838	928	992	1000					7250	4,2
11,9	11,2	32	116	205	295	384	473	563	652	741	830	920	989	1000					7200	4,1
12,0	11,3	32	115	204	292	381	469	558	646	735	823	912	985	1000					7150	4,0
12,1	11,4	31	114	202	289	377	465	553	640	728	816	904	981	1000					7100	3,9
12,2	11,5	31	113	200	287	374	461	548	635	722	809	896	975	1000					7050	3,8
12,3	11,6	31	112	198	284	371	457	543	629	716	802	888	969	1000					7000	3,7
12,4	11,7	31	111	197	282	368	453	538	624	709	795	880	963	999	1000				7950	3,6
12,5	11,8	30	110	195	280	364	449	534	619	703	788	873	956	998	1000				7900	3,5
12,6	11,9	30	109	193	277	361	445	529	613	697	782	866	949	997	1000				7850	3,4
12,7	12,0	30	108	192	275	358	442	525	608	692	775	858	941	995	1000				7800	3,3
12,8	12,1	30	107	190	273	355	438	521	603	686	769	851	934	993	1000				7750	3,2
12,9	12,2	29	107	189	270	352	434	516	598	680	762	844	926	990	1000				7700	3,1
13,0	12,3	29	106	187	268	350	431	512	593	675	756	837	919	986	1000				7650	3,0
13,1	12,4	29	105	185	266	347	427	508	589	669	750	831	911	982	1000				7600	2,9
13,2	12,5	29	104	184	264	344	424	504	584	664	744	824	904	977	1000				7550	2,8
13,3	12,6	28	103	183	262	341	421	500	579	659	738	817	897	972	1000				7500	2,7
13,4	12,7	28	102	181	260	339	417	496	575	654	732	811	890	966	999	1000			8450	2,6
13,5	12,8	28	102	180	258	336	414	492	570	648	727	805	883	959	996	1000			8400	2,5
13,6	12,9	28	101	178	256	333	411	488	566	643	721	798	876	953	997	1000			8350	2,4
13,7	13,0	27	100	177	254	331	408	485	562	638	715	792	869	946	996	1000			8300	2,3
13,8	13,1	27	99	176	252	328	405	481	557	634	710	786	863	939	993	1000			8250	2,2
13,9	13,2	27		174	250	326	402	477	553	629	705	780	856	932	991	1000			8200	2,1
14,0	13,3	27	98	173	248	323	398	474	549	624	699	774	850	925	987	1000			8150	2,0
14,1	13,4	27	97	172	246	321	396	470	545	619	694	769	843	918	983	1000			8100	1,9
14,2	13,5	26	96	170	244	319	393	467	541	615	689	763	837	911	979	1000			8050	1,8
14,3	13,6	26	96	169	243	316	390	463	537	610	684	757	831	904	974	1000			8000	1,7
14,4	13,7	26	95	168	241	314	387	460	533	606	679	[illegible]	[illegible]	848	968	999	1000		8950	1,6
14,5	13,8	26	94	167	239	312	384	457	529	601	[illegible]	[illegible]	819	891	962	996	1000		8900	1,5
14,6	13,9	26	94	165	237	309	381	453	525	597	669	[illegible]	813	885	956	997	1000		8850	1,4
14,7	14,0	26	93	164	236	307	379	450	521	593	664	[illegible]	807	879	950	996	1000		8800	1,3
14,8	14,1	25	92	163	234	305	376	447	518	589	660	730	801	872	943	994	1000		8750	1,2
14,9	14,2	25	92	162	232	303	373	444	514	585	655	725	796	866	937	991	1000		8700	1,1
15,0	14,3	25	91	161	231	301	371	441	510	580	650	720	790	860	[illegible]	[illegible]	1000		8650	1,0
15,1	14,4	25	90	160	229	299	368	437	507	576	646	715	785	854	924	[illegible]	1000		8600	0,9
15,2	14,5	25	90	159	228	297	366	434	503	572	641	710	779	848	917	980	1000		8550	0,8
15,3	14,6	24	89	158	226	295	363	432	500	568	637	705	774	842	911	976	1000		8500	0,7
15,4	14,7	24	88	156	224	293	361	429	497	565	633	701	769	837	905	970	999	1000	9450	0,6
15,5	14,8	24	88	155	223	291	358	426	493	561	628	696	764	831	894	965	999	1000	9400	0,5
15,6	14,9	24	87	154	221	289	356	423	490	557	624	691	758	825	893	959	998	1000	9350	0,4
15,7	15,0	24	87	153	220	287	353	420	487	553	620	687	753	820	887	953	996	1000	9300	0,3

TABLA Nº2 (cont.)

P_1 en 0,8 / Q_1 en	L	0 / 16	1 / 15	2 / 14	3 / 13	4 / 12	5 / 11	6 / 10	7 / 9	8 / 8	9 / 7	10 / 6	11 / 5	12 / 4	13 / 3	14 / 2	15 / 1	16 / 0	T	P_2 en 15,2 / Q_2 en
2,8	2,0	1	143	599	957	1000													2700	13,2
2,9	2,1	1	136	571	942	1000													2650	13,1
3,0	2,2	1	129	545	924	1000													2600	13,0
3,1	2,3	1	124	522	904	1000													2550	12,9
3,2	2,4	1	119	500	881	999	1000												3500	12,8
3,3	2,5	1	114	480	857	998	1000												3450	12,7
3,4	2,6	1	110	462	832	996	1000												3400	12,6
3,5	2,7		106	444	807	992	1000												3350	12,5
3,6	2,8		102	429	782	987	1000												3300	12,4
3,7	2,9		98	414	757	980	1000												3250	12,3
3,8	3,0		95	400	733	972	1000												3200	12,2
3,9	3,1		92	387	710	961	1000												3150	12,1
4,0	3,2		89	375	687	948	1000												3100	12,0
4,1	3,3		86	364	667	933	1000												3050	11,9
4,2	3,4		84	353	647	916	1000												3000	11,8
4,3	3,5		82	343	629	898	999	1000											3950	11,7
4,4	3,6		79	333	611	879	997	1000											3900	11,6
4,5	3,7		77	324	595	859	994	1000											3850	11,5
4,6	3,8		75	316	579	839	991	1000											3800	11,4
4,7	3,9		73	308	564	819	985	1000											3750	11,3
4,8	4,0		71	300	550	800	979	1000											3700	11,2
4,9	4,1		70	293	537	780	970	1000											3650	11,1
5,0	4,2		68	286	524	762	960	1000											3600	11,0
5,1	4,3		66	279	512	744	948	1000											3550	10,9
5,2	4,4		65	273	500	727	935	1000											3500	10,8
5,3	4,5		63	267	489	711	921	999	1000										4450	10,7
5,4	4,6		62	261	478	696	905	998	1000										4400	10,6
5,5	4,7		61	255	468	681	889	996	1000										4350	10,5
5,6	4,8		59	250	458	667	873	992	1000										4300	10,4
5,7	4,9		58	245	449	653	856	988	1000										4250	10,3
5,8	5,0		57	240	440	640	840	983	1000										4200	10,2
5,9	5,1		56	235	431	627	823	976	1000										4150	10,1
6,0	5,2		55	231	423	615	808	968	1000										4100	10,0
6,1	5,3		54	226	415	604	792	958	1000										4050	9,9
6,2	5,4		53	222	407	593	778	947	1000										4000	9,8
6,3	5,5		52	218	400	582	764	935	999	1000									4950	9,7
6,4	5,6		51	214	393	571	750	922	998	1000									4900	9,6
6,5	5,7		50	211	386	561	737	909	996	1000									4850	9,5
6,6	5,8		49	207	379	552	724	895	994	1000									4800	9,4
6,7	5,9		48	203	373	542	712	881	990	1000									4750	9,3
6,8	6,0		48	200	367	533	700	866	986	1000									4700	9,2
6,9	6,1		47	197	361	525	689	852	980	1000									4650	9,1
7,0	6,2		46	194	355	516	677	839	973	1000									4600	9,0
7,1	6,3		45	190	349	508	667	825	965	1000									4550	8,9
7,2	6,4		45	188	344	500	656	812	955	1000									4500	8,8
7,3	6,5		44	185	338	492	646	800	945	999	1000								5450	8,7
7,4	6,6		43	182	333	485	636	788	934	998	1000								5400	8,6
7,5	6,7		43	179	328	478	627	776	922	997	1000								5350	8,5
7,6	6,8		42	176	324	471	618	765	910	995	1000								5300	8,4
7,7	6,9		41	174	319	464	609	754	898	992	1000								5250	8,3
7,8	7,0		41	171	314	457	600	743	886	988	1000								5200	8,2
7,9	7,1		40	169	310	451	592	732	873	983	1000								5150	8,1
8,0	7,2		40	167	306	444	583	722	861	977	1000								5100	8,0
8,1	7,3		39	164	301	438	575	712	849	970	1000								5050	7,9
8,2	7,4		39	162	297	432	568	703	838	961	1000								5000	7,8
8,3	7,5		38	160	293	427	560	693	827	952	999	1000							5950	7,7
8,4	7,6		38	158	289	421	553	684	816	943	999	1000							5900	7,6
8,5	7,7		37	156	286	416	545	675	805	932	997	1000							5850	7,5
8,6	7,8		37	154	282	410	538	667	795	922	995	1000							5800	7,4
8,7	7,9		36	152	278	405	532	658	785	911	993	1000							5750	7,3
8,8	8,0		36	150	275	400	525	650	775	900	989	1000							5700	7,2
8,9	8,1		35	148	272	395	519	642	765	889	985	1000							5650	7,1
9,0	8,2		35	146	268	390	512	634	756	878	980	1000							5600	7,0
9,1	8,3		34	145	265	386	506	627	747	867	973	1000							5550	6,9
9,2	8,4		34	143	262	381	500	619	738	857	966	1000							5500	6,8
9,3	8,5		34	141	259	376	494	612	729	847	958	999	1000						6450	6,7

TABLA Nº 2 (cont.)

P_1 en 0,8 / Q_1 en	L	1 / 15	2 / 14	3 / 13	4 / 12	5 / 11	6 / 10	7 / 9	8 / 8	9 / 7	10 / 6	11 / 5	12 / 4	13 / 3	14 / 2	15 / 1	16 / 0	17 / -1	T	P_2 en 15,2 / Q_2 en
9,3	8,5	34	141	259	376	494	612	729	847	958	999	1000							6450	6,7
9,4	8,6	33	140	256	372	488	605	721	837	949	999	1000							6400	6,6
9,5	8,7	33	138	253	368	483	598	713	828	940	998	1000							6350	6,5
9,6	8,8	32	136	250	364	477	591	705	818	931	996	1000							6300	6,4
9,7	8,9	32	135	247	360	472	584	697	809	921	994	1000							6250	6,3
9,8	9,0	32	133	244	356	467	578	689	800	911	991	1000							6200	6,2
9,9	9,1	31	132	242	352	462	571	681	791	901	987	1000							6150	6,1
10,0	9,2	31	130	239	348	457	565	674	783	891	982	1000							6100	6,0
10,1	9,3	31	129	237	344	452	559	667	774	882	976	1000							6050	5,9
10,2	9,4	30	128	234	340	447	553	660	766	872	970	1000							6000	5,8
10,3	9,5	30	126	232	337	442	547	653	758	863	962	1000							5950	5,7
10,4	9,6	30	125	229	333	438	542	646	750	854	955	999	1000						6900	5,6
10,5	9,7	29	124	227	330	433	536	639	742	845	946	998	1000						6850	5,5
10,6	9,8	29	122	224	327	429	531	633	735	837	938	996	1000						6800	5,4
10,7	9,9	29	121	222	323	424	525	626	727	828	929	994	1000						6750	5,3
10,8	10,0	29	120	220	320	420	520	620	720	820	920	991	1000						6700	5,2
10,9	10,1	28	119	218	317	416	515	614	713	812	911	988	1000						6650	5,1
11,0	10,2	28	118	216	314	412	510	608	706	804	902	984	1000						6600	5,0
11,1	10,3	28	117	214	311	408	505	602	699	796	893	978	1000						6550	4,9
11,2	10,4	27	115	212	308	404	500	596	692	788	885	973	1000						6500	4,8
11,3	10,5	27	114	210	305	400	495	590	686	781	876	966	1000						6450	4,7
11,4	10,6	27	113	208	302	396	491	585	679	774	868	959	999	1000					7400	4,6
11,5	10,7	27	112	206	299	393	486	579	673	766	860	951	998	1000					7350	4,5
11,6	10,8	26	111	204	296	389	481	574	667	759	852	943	997	1000					7300	4,4
11,7	10,9	26	110	202	294	385	477	569	661	752	844	935	995	1000					7250	4,3
11,8	11,0	26	109	200	291	382	473	564	655	745	836	927	992	1000					7200	4,2
11,9	11,1	26	108	198	288	378	468	559	649	739	829	919	989	1000					7150	4,1
12,0	11,2	25	107	196	286	375	464	554	643	732	821	911	985	1000					7100	4,0
12,1	11,3	25	106	195	283	372	460	549	637	726	814	903	980	1000					7050	3,9
12,2	11,4	25	105	193	281	368	456	544	632	719	807	895	975	1000					7000	3,8
12,3	11,5	25	104	191	278	365	452	539	626	713	800	887	969	1000					6950	3,7
12,4	11,6	25	103	190	276	362	448	534	621	707	793	879	962	999	1000				7900	3,6
12,5	11,7	24	103	188	274	359	444	530	615	701	786	872	955	998	1000				7850	3,5
12,6	11,8	24	102	186	271	356	441	525	610	695	780	864	948	997	1000				7800	3,4
12,7	11,9	24	101	185	269	353	437	521	605	689	773	857	941	995	1000				7750	3,3
12,8	12,0	24	100	183	267	350	433	517	600	683	767	850	933	993	1000				7700	3,2
12,9	12,1	24	99	182	264	347	430	512	595	678	760	843	926	990	1000				7650	3,1
13,0	12,2	23	98	180	262	344	426	508	590	672	754	836	918	986	1000				7600	3,0
13,1	12,3	23	98	179	260	341	423	504	585	667	748	829	911	982	1000				7550	2,9
13,2	12,4	23	97	177	258	339	419	500	581	661	742	823	903	977	1000				7500	2,8
13,3	12,5	23	96	176	256	336	416	496	576	656	736	816	896	971	1000				7450	2,7
13,4	12,6	23	95	175	254	333	413	492	571	651	730	810	889	965	999	1000			8400	2,6
13,5	12,7	22	94	173	252	331	409	488	567	646	724	803	882	959	998	1000			8350	2,5
13,6	12,8	22	94	172	250	328	406	484	563	641	719	797	875	952	997	1000			8300	2,4
13,7	12,9	22	93	171	248	326	403	481	558	636	713	791	868	945	996	1000			8250	2,3
13,8	13,0	22	92	169	246	323	400	477	554	631	708	785	862	938	993	1000			8200	2,2
13,9	13,1	22	92	168	244	321	397	473	550	626	702	779	855	931	991	1000			8150	2,1
14,0	13,2	22	91	167	242	318	394	470	545	621	697	773	848	924	987	1000			8100	2,0
14,1	13,3	21	90	165	241	316	391	466	541	617	692	767	842	917	983	1000			8050	1,9
14,2	13,4	21	90	164	239	313	388	463	537	612	687	761	836	910	979	1000			8000	1,8
14,3	13,5	21	89	163	237	311	385	459	533	607	681	756	830	904	974	1000			7950	1,7
14,4	13,6	21	88	162	235	309	382	456	529	603	676	750	824	897	968	999	1000		8900	1,6
14,5	13,7	21	88	161	234	307	380	453	526	599	672	745	817	890	962	998	1000		8850	1,5
14,6	13,8	21	87	159	232	304	377	449	522	594	667	739	812	884	956	997	1000		8800	1,4
14,7	13,9	21	86	158	230	302	374	446	518	590	662	734	806	878	949	996	1000		8750	1.3
14,8	14,0	20	86	157	229	300	371	443	514	586	657	729	800	871	943	994	1000		8700	1,2
14,9	14,1	20	85	156	227	298	369	440	511	582	652	723	794	865	936	991	1000		8650	1.1
15,0	14,2	20	85	155	225	296	366	437	507	577	648	718	789	859	930	988	1000		8600	1,0
15,1	14,3	20	84	154	224	294	364	434	503	573	643	713	783	853	923	985	1000		8550	0,9
15,2	14,4	20	83	153	222	292	361	431	500	569	639	708	778	847	917	980	1000		8500	0,8
15,3	14,5	20	83	152	221	290	359	428	497	566	634	703	772	841	910	976	1000		8450	0,7
15,4	14,6	20	82	151	219	288	356	425	493	562	630	699	767	836	904	970	999	1000	9400	0,6
15,5	14,7	19	82	150	218	286	354	422	490	558	626	694	762	830	898	965	999	1000	9350	0,5
15,6	14,8	19	81	149	216	284	351	419	486	554	622	689	757	824	892	959	998	1000	9300	0,4
15,7	14,9	19	81	148	215	282	349	416	483	550	617	685	752	819	886	953	996	1000	9250	0,3
15,8	15,0	19	80	147	213	280	347	413	480	547	613	680	747	813	880	947	994	1000	9200	0,2

TABLA Nº 2 (cont.)

P_1 en 0,9 / Q_1 en	L	1 / 15	2 / 14	3 / 13	4 / 12	5 / 11	6 / 10	7 / 9	8 / 8	9 / 7	10 / 6	11 / 5	12 / 4	13 / 3	14 / 2	15 / 1	16 / 0	17 / -1	T	P_2 en 15,1 / Q_2 en
2,9	2,0	111	550	939	1000														2600	13,1
3,0	2,1	105	524	921	1000														2550	13,0
3,1	2,2	101	500	899	1000														2500	12,9
3,2	2,3	96	478	876	999	1000													3450	12,8
3,3	2,4	92	458	851	998	1000													3400	12,7
3,4	2,5	89	440	826	996	1000													3350	12,6
3,5	2,6	85	424	800	992	1000													3300	12,5
3,6	2,7	8[illegible]	407	774	987	1000													3250	12,4
3,7	2,8	79	393	748	980	1000													3200	12,3
3,8	2,9	76	379	724	971	1000													3150	12,2
3,9	3,0	74	367	700	959	1000													3100	12,1
4,0	3,1	71	355	677	946	1000													3050	12,0
4,1	3,2	69	344	656	931	1000													3000	11,9
4,2	3,3	67	333	636	914	1000													2950	11,8
4,3	3,4	65	324	618	895	999	1000												3900	11,7
4,4	3,5	63	314	600	875	997	1000												3850	11,6
4,5	3,6	62	306	583	855	995	1000												3800	11,5
4,6	3,7	60	297	568	835	990	1000												3750	11,4
4,7	3,8	58	289	553	815	985	1000												3700	11,3
4,8	3,9	57	282	538	795	978	1000												3650	11,2
4,9	4,0	55	275	525	775	970	1000												3600	11,1
5,0	4,1	54	268	513	756	959	1000												3550	11,0
5,1	4,2	53	262	500	738	947	1000												3500	10,9
5,2	4,3	52	256	488	721	934	1000												3450	10,8
5,3	4,4	50	250	477	705	919	999	1000											4400	10,7
5,4	4,5	49	244	467	689	903	998	1000											4350	10,6
5,5	4,6	48	239	457	674	887	995	1000											4300	10,5
5,6	4,7	47	234	447	660	870	992	1000											4250	10,4
5,7	4,8	46	229	437	646	853	988	1000											4200	10,3
5,8	4,9	45	224	429	633	836	983	1000											4150	10,2
5,9	5,0	44	220	420	620	820	976	1000											4100	10,1
6,0	5,1	43	216	412	608	804	967	1000											4050	10,0
6,1	5,2	43	212	404	596	788	957	1000											4000	9,9
6,2	5,3	42	208	396	585	774	946	1000											3950	9,8
6,3	5,4	41	204	389	574	759	934	999	1000										4900	9,7
6,4	5,5	40	200	382	564	745	921	998	1000										4850	9,6
6,5	5,6	40	196	375	554	732	907	996	1000										4800	9,5
6,6	5,7	39	193	368	544	719	893	994	1000										4750	9,4
6,7	5,8	38	190	362	534	707	879	990	1000										4700	9,3
6,8	5,9	38	186	356	525	695	864	986	1000										4650	9,2
6,9	6,0	37	183	350	517	683	850	980	1000										4600	9,1
7,0	6,1	36	180	344	508	672	836	973	1000										4550	9,0
7,1	6,2	36	177	339	500	661	823	964	1000										4500	8,9
7,2	6,3	35	175	333	492	651	810	955	1000										4450	8,8
7,3	6,4	35	172	328	484	641	797	944	999	1000									5400	8,7
7,4	6,5	34	169	323	477	631	785	933	998	1000									5350	8.6
7,5	6,6	34	167	318	470	621	773	921	997	1000									5300	8,5
7,6	6,7	33	164	313	463	612	761	909	995	1000									5250	8,4
7,7	6,8	33	162	309	456	603	750	896	992	1000									5200	8,3
7,8	6,9	32	159	304	449	594	739	884	988	1000									5150	8,2
7,9	7,0	32	157	300	443	586	729	871	983	1000									5100	8,1
8,0	7,1	31	155	296	437	577	718	859	977	1000									5050	8,0
8,1	7,2	31	153	292	431	569	708	847	969	1000									5000	7,9
8,2	7,3	30	151	288	425	562	699	836	961	1000									4950	7,8
8,3	7,4	30	149	284	419	554	689	824	952	999	1000								5900	7,7
8,4	7,5	30	147	280	413	547	680	813	942	999	1000								5850	7,6
8,5	7,6	29	145	276	408	539	671	803	931	997	1000								5800	7,5
8,6	7,7	29	143	273	403	532	662	792	921	995	1000								5750	7,4
8,7	7,8	28	141	269	397	526	654	782	910	993	1000								5700	7,3
8,8	7,9	28	139	266	392	519	646	772	889	989	1000								5650	7,2
8,9	8,0	28	138	262	388	512	638	762	887	985	1000								5600	7,1
9,0	8,1	27	136	259	383	506	630	753	877	979	1000								5550	7,0
9,1	8,2	27	134	256	378	500	622	744	866	973	1000								5500	6,9
9,2	8,3	27	133	253	373	494	614	735	855	966	1000								5450	6,8
9,3	8,4	26	131	250	369	488	607	726	845	957	999	1000							[illegible]400	6.7
9,4	8,5	26	129	247	365	482	600	718	835	949	999	1000							6350	6,6

TABLA N° 2 (cont.)

P_1 en 0,9 / Q_1 en	L	1 / 15	2 / 14	3 / 13	4 / 12	5 / 11	6 / 10	7 / 9	8 / 8	9 / 7	10 / 6	11 / 5	12 / 4	13 / 3	14 / 2	15 / 1	16 / 0	17 / -1	T	P_2 en 15,1 / Q_2 en
9,4	8,5	26	129	247	365	482	600	718	835	949	999	1000							6350	6,6
9,5	8,6	26	128	244	360	477	593	709	826	939	998	1000							6300	6,5
9,6	8,7	25	126	241	356	471	586	701	816	930	996	1000							6250	6,4
9,7	8,8	25	125	239	352	466	580	693	807	920	994	1000							6200	6,3
9,8	8,9	25	124	236	348	461	573	685	798	910	990	1000							6150	6,2
9,9	9,0	25	122	233	344	456	567	678	789	900	986	1000							6100	6,1
10,0	9,1	24	121	231	341	451	560	670	780	890	982	1000							6050	6,0
10,1	9,2	24	120	228	337	446	554	663	77[illegible]	880	976	1000							6000	5,9
10,2	9,3	24	118	226	333	441	548	656	763	871	969	1000							5950	5,8
10,3	9,4	24	117	223	330	436	543	649	755	862	962	1000							5900	5,7
10,4	9,5	23	116	221	326	432	537	642	747	853	954	999	1000						6850	5,6
10,5	9,6	23	115	219	323	427	531	635	740	844	946	998	1000						6800	5,5
10,6	9,7	23	113	216	320	423	526	629	732	835	937	996	1000						6750	5,4
10,7	9,8	23	112	214	316	418	520	622	724	827	928	994	1000						6700	5,3
10,8	9,9	22	111	212	313	414	515	616	717	818	919	991	1000						6650	5,2
10,9	10,0	22	110	210	310	410	510	610	710	810	910	988	1000						6600	5,1
11,0	10,1	22	109	208	307	406	505	604	703	802	901	983	1000						6550	5,0
11,1	10,2	22	108	206	304	402	500	598	696	794	892	978	1000						6500	4,9
11,2	10,3	22	107	204	301	398	495	592	689	786	883	972	1000						6450	4,8
11,3	10,4	21	106	202	298	394	490	587	683	779	875	966	1000						6400	4,7
11,4	10,5	21	105	200	295	390	486	581	676	771	867	958	999	1000					7350	4,6
11,5	10,6	21	104	198	292	387	481	575	670	764	858	951	998	1000					7300	4,5
11,6	10,7	21	103	196	290	383	477	570	664	757	850	943	997	1000					7250	4,4
11,7	10,8	21	102	194	287	380	472	565	657	750	843	935	995	1000					7200	4,3
11,8	10,9	20	101	193	284	376	468	560	651	743	835	927	992	1000					7150	4,2
11,9	11,0	20	100	191	282	373	464	555	645	736	827	918	989	1000					7100	4,1
12,0	11,1	20	99	189	279	369	459	550	640	730	820	910	985	1000					7050	4,0
12,1	11,2	20	98	187	277	366	455	545	634	723	813	902	980	1000					7000	3,9
12,2	11,3	20	97	186	274	363	451	540	628	717	805	894	975	1000					6950	3,8
12,3	11,4	19	96	184	272	360	447	535	623	711	798	886	969	1000					6900	3,7
12,4	11,5	19	96	183	270	357	443	530	617	704	791	878	962	999	1000				7850	3,6
12,5	11,6	19	95	181	267	353	440	526	612	698	784	871	955	998	1000				7800	3,5
12,6	11,7	19	94	179	265	350	436	521	607	692	778	863	948	997	1000				7750	3,4
12,7	11,8	19	93	178	263	347	432	517	602	686	771	856	940	995	1000				7700	3,3
12,8	11,9	19	92	176	261	345	429	513	597	681	765	849	933	993	1000				7650	3,2
12,9	12,0	18	92	175	258	342	425	508	592	675	758	842	925	990	1000				7600	3,1
13,0	12,1	18	91	174	256	339	421	504	587	669	752	835	917	986	1000				7550	3,0
13,1	12,2	18	90	172	254	336	418	500	582	664	746	828	910	982	1000				7500	2,9
13,2	12,3	18	89	171	252	333	415	496	577	659	740	821	902	977	1000				7450	2,8
13,3	12,4	18	89	169	250	331	411	492	573	653	734	815	895	971	1000				7400	2,7
13,4	12,5	18	88	168	248	328	408	488	568	648	728	808	888	965	999	1000			8350	2,6
13,5	12,6	18	87	167	246	325	405	484	563	643	722	802	881	959	998	1000			8300	2,5
13,6	12,7	17	87	165	244	323	402	480	559	638	717	797	874	952	997	1000			8250	2,4
13,7	12,8	17	86	164	242	320	398	477	555	633	711	789	867	945	996	1000			8200	2,3
13,8	12,9	17	85	163	240	318	395	473	550	628	705	783	860	938	993	1000			8150	2,2
13,9	13,0	17	85	162	238	315	392	469	546	623	700	777	854	931	991	1000			8100	2,1
14,0	13,1	17	84	160	237	313	389	466	542	618	695	771	847	924	987	1000			8050	2,0
14,1	13,2	17	83	159	235	311	386	462	538	614	689	765	841	917	983	1000			8000	1,9
14,2	13,3	17	83	158	233	308	383	459	534	609	684	759	835	910	979	1000			7950	1,8
14,3	13,4	17	82	157	231	306	381	455	530	604	679	754	828	903	973	1000			7900	1,7
14,4	13,5	16	81	156	230	304	378	452	526	600	674	748	822	896	968	999	1000		8850	1,6
14,5	13,6	16	81	154	228	301	375	449	522	596	669	743	816	890	962	998	1000		8800	1,5
14,6	13,7	16	80	153	226	299	372	445	518	591	664	737	810	883	955	997	1000		8750	1,4
14,7	13,8	16	80	152	225	297	370	442	514	587	659	732	804	877	949	996	1000		8700	1,3
14,8	13,9	16	79	151	223	295	367	439	511	583	655	727	799	871	942	994	1000		8650	1,2
14,9	14,0	16	79	150	221	293	364	436	507	579	650	721	793	864	936	991	1000		8600	1,1
15,0	14,1	16	78	149	220	291	362	433	504	574	645	716	787	858	929	988	1000		8550	1,0
15,1	14,2	16	77	148	218	289	359	430	500	570	641	711	782	852	923	984	1000		8500	0,9
15,2	14,3	15	77	147	217	287	357	427	497	566	636	706	776	846	916	980	1000		8450	0,8
15,3	14,4	15	76	146	215	285	354	424	493	562	632	701	771	840	910	975	1000		8400	0,7
15,4	14,5	15	76	145	214	283	352	421	490	559	628	697	766	834	903	970	999	1000	9350	0,6
15,5	14,6	15	75	144	212	281	349	418	486	555	623	692	760	829	897	964	999	1000	9300	0,5
15,6	14,7	15	75	143	211	279	347	415	483	551	619	687	755	823	891	958	998	1000	9250	0,4
15,7	14,8	15	74	142	209	277	345	412	480	547	615	682	750	818	885	952	996	1000	9200	0,3
15,8	14,9	15	74	141	208	275	342	409	477	544	611	678	745	812	879	946	994	1000	9150	0,2
15,9	15,0	15	73	140	207	273	340	407	473	540	607	673	740	807	873	940	992	1000	9100	0,1

INFORME DEL RELATOR

El señor Ingeniero P. E. Knight del Ferrocarril Midland del Uruguay, hace en primer término un estudio comparativo del sistema de rectificación de las curvas ferroviarias por el método denominado del «piolín» del que es autor el señor Charles H. Bartlett, y los demás procedimientos conocidos, estudio que se resume así:

a) Los métodos aritmético-gráficos o puramente gráficos demandan más tiempo.

b) Dependen principalmente de la habilidad como dibujante o como calculista del operador.

c) Es fácil cometer errores de engorrosa corrección o pueden éstos pasar desapercibidos.

d) Es difícil el control por otro operador.

e) Los métodos aritméticos, y gráfico-aritméticos pueden inducir a errores mayores que los que se quieren corregir.

El procedimiento de Bartlett ha sido ideado para que fuera aplicado por personas con elementales nociones de matemáticas, esto es, que basta el conocimiento de las operaciones fundamentales y el uso de la regla de cálculo para llevarlo a la práctica.

El Ingeniero Knigth destaca los aspectos principales del sistema de cálculo, para pasar en segundo término a la consideración de dos problemas especiales.

El método de operar con el método de Bartlett es bien conocido y similar a los corrientemente empleados, esto es, se marcan puntos equidistantes sobre la cara interior del riel exterior de la curva y se miden en milímetros las flechas correspondientes a cuerdas de 10 o 15 metros siendo conveniente que estas distancias sean múltiplos o submúltiplos del largo de los rieles.

Definidas las condiciones ideales de la curva circular con las dos curvas de acordamiento, el señor Knight hace en forma brillante el desarrollo matemático advirtiendo que se involucran en ellos pequeñas aproximaciones que pueden aceptarse sin inconvenientes, pues aun en las curvas más cerradas no afectan en absoluto los resultados.

Con estas relaciones se han confeccionado las tablas designadas con el número 2.

En el cálculo de una curva circular, en la que se deben intercalar en ambos extremos las espirales adecuadas, es conveniente según la experiencia del Ingeniero Knight sobre más de 600 curvas alineadas proceder por tanteos (trial and error) que es por otra parte el sistema preconizado por el señor Bartlett.

El modo de proceder se inicia por la prueba de una espiral cualquiera, cuyo largo dependerá del radio de la curva y de la velocidad máxima, la que se acomodará moviéndola atrás o adelante, acortándola o alargándola, lo que se deduce de la experiencia.

Establecida la espiral, se continúa con la curva circular para llegar a la espiral final.

Estas operaciones son fáciles empleándose en el cálculo completo de la curva de medio a tres minutos por punto, necesitándose sin embargo más tiempo en las curvas cortas que en las largas.

Si en cambio se trata de la alineación de una curva trazada originalmente con espirales, es conveniente iniciar el trabajo en la curva circular y luego hacer las dos espirales.

Si las espirales resultan cortas para la velocidad máxima, se procederá a correr la curva circular hacia su centro y alargar las espirales.

Recalca el señor Knight que es erróneo limitar el largo de las espirales: lo que debe respetarse estrictamente es su longitud mínima.

Es también erróneo el concepto de establecer obligatoriamente una alineación recta entre dos curvas de sentido inverso, que nos viene de la antigua práctica de sobreelevar en las rectas. La mejor solución en este caso es que las espirales se unan constituyendo una sola: una con curvatura positiva y la otra con curvatura negativa. En este caso el movimiento de traslación de los centros de gravedad y el cambio de la dirección de las bogías se efectúa una sola operación.

Los dos problemas que analiza el señor Knight son:

Problema 1. Dada una serie de *n* flechas, encontrar la nueva curva de radio constante que se ajuste mejor a la curva deformada.

Problema 2. Hallar la posición y el largo de la espiral final que se ajusta exactamente a una curva circular y una tangente dadas.

Para ambos casos el autor da las correspondientes aplicaciones numéricas. Para establecer el largo correcto en el segundo ejemplo, hay tres caminos posibles:

1. El indicado por el señor Bartlett, que es el más sencillo, y que permite obtener con elementales conocimientos de matemáticas las flechas de la espiral.

2. El método seguido por el señor Knight que tiene como operación complicada la extracción de raíces cuadradas por lo que fué excluído por el señor Bartlett.

3. El método de cálculo directo que comprende el cómputo total de una serie.

El autor ha desarrollado los tres procedimientos, habiendo confeccionado para el primero la tabla designada con el número 1. Su consejo es seguir el segundo procedimiento.

El informe del relator es que se publique el valioso estudio del Ingeniero Knight en las publicaciones del Congreso a fin de que tenga la divulgación a que es merecedor tan importante contribución al problema de la rectificación de las curvas ferroviarias.

RESOLUCION DEL CONGRESO PARA LOS TRABAJOS 26 Y 38

Publicar los trabajos de los Ingenieros Juan Villalobos y P. E. Knight, en las Memorias del Congreso.

TEMA 4

LA MECANICA AL SERVICIO DE LA CONSERVACION DE LA VIA PERMANENTE.

AUTOR: *Ingeniero JOHN E. SANDHAM.*
RELATOR: *Ingeniero ANTONIO J. CASABO.*

29.

No es menester sino una lectura fugaz y somera de la literatura en boga sobre Ingeniería para advertir fácilmente que en el aspecto que contempla la conservación de la vía permanente se atribuye indudable importancia a la aplicación de equipos mecánicos. Una ligera apreciación de los equipos destinados a trabajos ferroviarios en general revela que se utilizan alrededor de 150 tipos distintos, de los cuales una apreciable cantidad se halla destinada a la conservación de la vía permanente. Resultará evidente, por lo demás, para quienes tienen experiencia en la materia, que las estadísticas relativas a la capacidad productiva y costos de funcionamiento de las maquinarias, son susceptibles de tener tan solo un limitado valor comparativo, excepto, claro está, en los casos en que sean muy similares las condiciones en que se utilicen las aludidas maquinarias. Por tales razones, será necesario examinar este asunto únicamente bajo un aspecto genérico, circunscribiéndolo a la referencia de las maquinarias de tipos principales y específicamente a aquellas de mayor interés en esta parte del mundo, proporcionando para ello los pormenores que se estimen de verdadera utilidad para demostrar acabadamente los beneficios logrados a través de una juiciosa y racional aplicación de los equipos mecánicos.

Teniendo en cuenta las variaciones que la experiencia acusa en lo concerniente a las unidades de tipos mecánicos que pueden considerarse como esenciales para la conservación de la vía permanente, no resulta posible, como se comprenderá, establecer normas rígidas en este aspecto, razón por la cual se encarece cierta indulgencia en la apreciación de cualquier aparente exceso en que pudiera incurrirse a su respecto.

Desde el comienzo, debe reconocerse que es un hecho el uso hoy día de maquinaria en conexión con la conservación de vía y en años que vendrán habrá mejores máquinas y más de ellas que estarán disponibles para ser utilizadas en las cuadrillas.

Todo funcionario responsable deberá, por tanto, permanecer atento a las posibilidades que ofrezca la mecánica, teniendo presente que el problema básico consiste en aprender a obtener de cada una de las diversas unidades el resultado más eficiente posible.

Ello se logrará aquilatando a través del estudio y la experiencia los métodos apropiados de su uso y la mejor forma de mantenerlos

en funciones. Además, puede aseverarse que quienes han ensayado el uso de equipos mecánicos los han adoptado en forma definitiva y reconocen que el retorno a los tiempos del «pico y la pala» implicaría un desmedro al standard de conservación que actualmente se considera normal.

No puede dejar de tenerse en cuenta que, a consecuencia de la guerra, se ha tornado virtualmente imposible la obtención de nuevos equipos y harto difícil la reposición de accesorios para los que se hallan en uso, pues todo ello constituye, como es notorio, un motivo de preocupación para los funcionarios de aquellos ferrocarriles que han logrado alcanzar cierto grado de perfeccionamiento en la aplicación de elementos mecánicos.

Si se examinan los progresos obtenidos mediante la utilización de estos equipos, puede advertirse que hasta hace unos 10 ó 15 años su desarrollo había sido relativamente lento. Sin duda alguna ello puede atribuírse a dos factores principales que han prevalecido, a saber:

1) La industria ferroviaria había conservado hasta ese entonces un estado relativamente próspero que implícitamente venía engendrando una política general de tendencias conservativas.

2) Los fabricantes tenían poco estímulo para fomentar el perfeccionamiento de los equipos para adaptación ferroviaria, puesto que la hasta entonces precaria aplicación que a éstos se daba en los ferrocarriles restringía en mucho aquella posibilidad; lo que venía a agravarse ante la perspectiva de que las unidades especializadas que con evidente grado de perfección era menester fabricar para aquella específica finalidad, resultaban, en cambio, inadecuadas para adaptarse a otras industrias.

Sin embargo, en estos últimos años las condiciones y circunstancias han experimentado un cambio fundamental: las finanzas de los ferrocarriles han sido duramente castigadas, y los funcionarios encargados de la conservación se han visto precisados a recurrir a los equipos mecánicos para poder equilibrar la necesidad de una mayor producción con las reducidas partidas de gastos y para lograr la seguridad de las condiciones de las vías ante los aumentos de velocidad y el peso de las cargas, a lo que debe agregarse que en ciertas partes del mundo el equipo ha debido forzosamente utilizarse para compensar la falta de mano de obra, imposible de obtenerse a ningún precio en la cantidad y calidad necesarias. Además, durante el período mencionado, otras industrias se sintieron adversamente afectadas, y coincidiendo esto con el mayor interés puesto de manifiesto por los ferrocarriles, indujo a los fabricantes a dedicar preferente atención al desarrollo de mayor cantidad de equipos para uso ferroviario a objeto de contrarrestar así las pérdidas sufridas en otras actividades.

En los últimos diez años, aproximadamente, ha podido apreciarse un cambio fundamental en la organización y métodos para la conservación de las vías, y un examen de sus resultados tiende a llegar a la conclusión que en ninguna otra rama de la industria ferroviaria el progreso ha sido tan rápido ni contribuído en mayor escala a conjurar las adversas condiciones económicas. De ahí que hoy, en muchos sistemas, se haya podido mantener un mejorado nivel del standard de

conservación de las vías, a pesar de las reducciones drásticas en «Renovaciones» y el mayor peso y carga que aquellas deben soportar, mientras en muchos casos los gastos de explotación han sido reducidos apreciablemente. La aplicación de equipos mecánicos ha contribuído grandemente a estos relevantes resultados.

Como se ha mencionado, el progresista funcionario de conservación está siempre atento a las posibilidades de nuevos equipos, y no solamente vigila el advenimiento de unidades nuevas o mejoradas para uso ferroviario, sino que tiene también presente que algunas herramientas construídas originariamente con destino a otras industrias, son en muchos casos, susceptibles de aplicarse en ayuda de la propia. Como ejemplo de ello puede mencionarse la cantidad de equipos fabricados en primera instancia para la construcción de caminos, que tienen aplicación permanente en cualquier sistema ferroviario bien equipado.

En conocimiento de la existencia de un determinado equipo que aparentemente pueda tener aplicación en su trabajo, aquel funcionario aludido en el párrafo precedente reunirá todos los detalles del caso, tales como su costo original, gastos de funcionamiento, capacidad productiva, etc., sin olvidar que está expuesto a recibir una oferta de los fabricantes o agentes de dicho equipo que no incluyera una gama de accesorios o repuestos que podrían ser esenciales para iniciar su regular funcionamiento. Este es detalle de importancia para un Ingeniero destacado en zonas alejadas de las fuentes de suministro. El no debe olvidar la posibilidad de necesitar accesorios especiales para adaptar la herramienta a las condiciones del trabajo a que será sometida. Tendrá asimismo el tacto y la sensatez necesarios para escuchar la opinión del operador y permitir cierta tolerancia ante un posible exceso de entusiasmo de parte de los que la usan, aun cuando con anterioridad pudieren haber adelantado una opinión imprudente. En suma, hará todo lo que esté a su alcance a fin de obtener cuanta información se estime necesaria para poder establecer cabalmente el posible grado de eficiencia del equipo en las particulares condiciones del terreno en que actúa.

Unas palabras deberán pronunciarse con relación al estudio financiero, preliminar a la adquisición de equipo nuevo, estudio que es necesario practicar cuando el costo relativo del trabajo constituye un factor determinante. A este respecto los siguientes detalles deben merecer, indudablemente, especial consideración: costos de capital y funcionamiento; continuidad de empleo del equipo; trabajo total previsto; comparación de costo del trabajo frente al realizado con otros medios, si ello fuera posible; mantenimiento del equipo en servicio; consecuencias que podrían derivarse de su retiro del servicio para someterlo a reparaciones, etc.

A este respecto conviene recordar que para poder utilizar el equipo en forma integral frecuentemente se hace necesaria la organización de otros aspectos de la obra a objeto de armonizar las operaciones, lo que, claro está, deberá asimismo tenerse presente en la oportunidad de practicarse los estudios preliminares.

Tratándose de gastos de capital, no resulta obvio insistir sobre la absoluta necesidad de obrar con cautela al estimar la depreciación, re-

cordando que el advenimiento de unidades más modernos podrá, en muchos casos, ser un factor preponderante si se desea mantener el equipo al día.

Es, indudablemente, posible proceder en forma continua y casi indefinidamente a la reparación de equipos y al reemplazo de aquellas de sus partes que sufren desgastes, pero el costo resultante de esa política es tal que al cabo de algunos años quedará poco de lo original y los equipos resultarán entonces anticuados. Sobre el particular bastará solamente con recordar lo que ha acontecido en tantos ferrocarriles con las locomotoras, para apreciar debidamente los efectos de tan vicioso sistema.

En los estudios financieros preliminares prevalece en ocasiones cierta tendencia a sobreestimar la vida del equipo, y aun cuando se aprecia debidamente que las condiciones varían considerablemente, ofrécense las siguientes indicaciones aproximadas basadas en experiencia de muchos años:

Automotores de calle, en general	**no más de 5 años**
Auto velocípedos para uno o dos pasajeros .	**5 años**
Zorras a motor para cuadrillas	**de 5 a 7 años**
Máquinas excavadoras pesadas, incluyendo guinches con balde de arrastre; zanjadoras, etc.	**5 años**
Segadoras de pasto s/vía, a motor	**no más de 5 años**
» » » portátiles	**generalmente unos 2 años**
Soldadoras eléctricas de vía y equipos compresores	**8 años**
Herramientas livianas de vía, de fuerza motriz, incluyendo abulonadoras, esmeriladoras, tajaderas, equipo de fijar y extraer clavos de gancho	**no más de 2 años**

Ocurre con frecuencia, especialmente en ferrocarriles de menor importancia, que cierta clase de equipo no se justifica en razón del reducido monto del trabajo a realizarse. Cuando esto ocurra, no deberá descartarse la conveniencia de alquilar equipo o realizar el trabajo con contratistas que posean las maquinarias necesarias.

Antes de entrar a considerar en forma más directa lo relacionado con el equipo en sí, tal vez convenga detallar las razones básicas en que se funda su utilización, y se estima que éstas son las siguientes:

1) **Para reducir costos o realizar mayor trabajo por una suma ya establecida.**
2) **Para obtener mejores resultados, ya sea en calidad, en cantidad o en ambos aspectos.**
3) **Para ejecutar aquello que no es posible por otros medios.**
4) **Para suplir escasez de mano de obra.**
5) **Para cooperar a afrontar con prontitud situaciones de emergencia.**

Al considerarse los tipos de equipo a adquirirse teniendo en cuenta la diversidad de trabajos que deba tratar el funcionario de conservación, debe ser materia de especial atención aquel tipo de máquina de aplicación múltiple, ya que si bien no podrían realizar determinados trabajos tan eficientemente como las unidades altamente especiali-



Fotografía N° 1 - Tipo de auto de vía de inspección especialmente construído, familiar a todos, que data de los años 1927/30.



Fotografía N° 2 - Auto de vía Diesel de tipo moderno.

zadas, ofrecen empero mayor oportunidad de mantenerlas constantemente en funcionamiento.

TRANSPORTE

Sin necesidad de penetrar en hechos históricos, puede aseverarse que uno de los primeros problemas que debió afrontar el Ingeniero de

Conservación de Ferrocarril ha sido el del transporte. Medio de locomoción para sí mismo en carácter de sus funciones de supervisor y transporte para su personal y los materiales. Es por ello natural que el más temprano desarrollo de la mecánica haya tenido lugar en este campo de actividades. He aquí que hoy existe en uso general una extensa va-



Fotografías Nos. 3 y 4 - Tipo standard de automóvil carretero adaptado para usar sobre vías, de los cuales hay 12 en servicio en un solo sistema de la República Argentina. Su rendimiento ha sido excelente durante un período de hasta seis años en servicio, aún cuando en la actualidad su condición es relativamente nueva.



riedad de vehículos de fuerza motriz, de calle y de vía, y el transporte mecánico en general constituye una de las mayores, si no la mayor contribución a la eficiencia progresiva de las operaciones de conservación normal, existiendo aún amplio margen para mejoras en este sentido.

Para su propio uso el Ingeniero cuenta en la actualidad con un eficaz auto de vía y/o auto de calle y sólo es suficiente hablar con quie-

nes recuerden los tiempos en que no se disponía de tales vehículos para apreciar lo mucho en que éstos han contribuído. Hoy día, los distritos abarcan una extensión mucho mayor que en tiempos pasados, a pesar de lo cual se observa un superior nivel standard de conservación de vía con la consiguiente mayor exigencia de supervisión.

Innumerables tipos especiales de autos de vía de inspección han sido diseñados en el pasado, la mayoría de los cuales adolecían de de-



Fotografías Nos. 5 y 6



ficiencias de índole más o menos seria. La tendencia actual es emplear el altamente eficiente automóvil carretero adaptándolo para desplazarse sobre la vía, ya que con una cuidadosa conservación para tal objeto, los resultados son sumamente satisfactorios en cuanto a costo inicial, gastos de funcionamiento, comodidad, velocidad, etc., por lo que es dable suponer que este tipo de vehículo se hará cada vez más popular.

En zonas de carreteras normalmente buenas es generalmente deseable que los funcionarios de supervisión utilicen los automóviles de

calle, y la tendencia en tal sentido será más pronunciada con el transcurso del tiempo.

Para el personal supervisor, etc., de menor jerarquía, hay en servicio una cantidad de variados modelos de las llamadas zorras a motor, de inspección, para una o más personas. La utilización de unidades tales como las señaladas ha contribuído en gran escala a mantener eficiente



Fotografía Nº 7



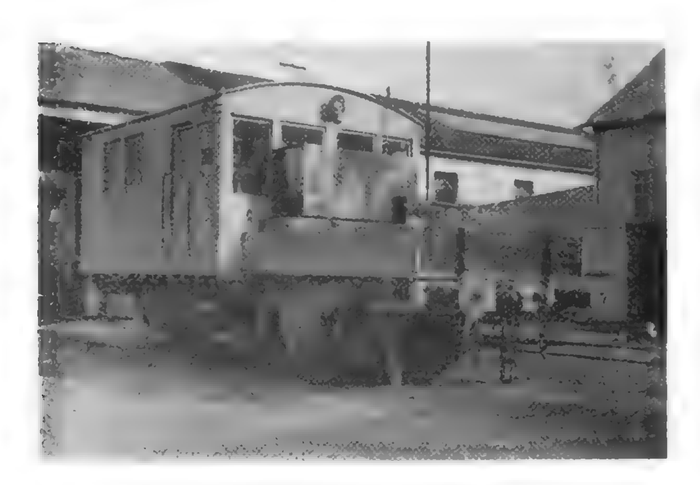
Fotografía Nº 8

la revisión de las vías, afianzando así un mayor grado de seguridad, sin mencionar las mejoras obtenidas en el rendimiento del trabajo de las cuadrillas, a consecuencia de la más intensa labor de supervisión y mejores programas de trabajo logrados merced a la utilización de aquellos elementos. En condiciones adecuadas, los autos de calle tales como el «pick up» liviano pueden ser utilizados con ventaja en lugar del vehículo de inspección para una o dos personas, a que se ha aludido.

Los resultados obtenidos en el transporte de cuadrillas como consecuencia de la introducción de las zorras a motor son harto conocidas para merecer mayores comentarios, especialmente en esta parte del mundo, donde el desarrollo en este aspecto ha sido tardío y es aún relativamente reciente.

El uso de zorras a motor y acoplados como los indicados, ha re-





Fotografías Nos. 9 y 10

presentado frecuentemente un 25% de economía en costos de mano de obra de conservación de vía, o el dinero así ahorrado ha estado disponible para llevar a cabo trabajos de necesidad.

El mejoramiento en el transporte de las cuadrillas ha proporcionado asimismo mejoras en las condiciones del personal y evidenciado que es de incalculable valor cuando se trata de emergencias que exigen la concentración del personal o su rápido traslado de un punto a otro.

En zonas dotadas de buenos caminos existe una creciente tendencia hacia la utilización de camiones para el transporte del personal de cuadrillas, y el desarrollo de esta actividad, que ha adquirido proporciones apreciables en otras partes del mundo, debe ser estimulado en todo lo posible.

El transporte de materiales destinados a la conservación normal de la vía se efectúa en el presente por diversos medios, aparte del tren.

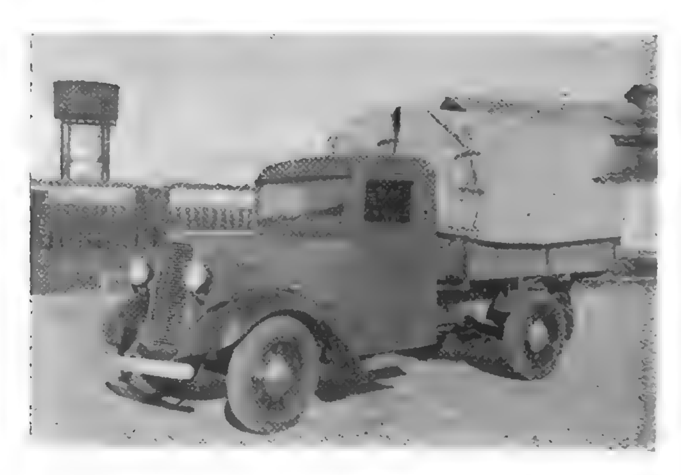




Fotografías Nos. 11 y 12

Estos incluyen zorras a motor de tipo corriente o especial, generalmente con acoplados adecuados; camiones de calle adaptados para correr sobre la vía; vehículos de diseño especial, capaces algunos de remolcar un vagón común; tractores de vía, etc., etc. En este sentido existe también una gradual y encomiable tendencia a utilizar camiones standard de calle en lugares donde las condiciones de vialidad y acceso lo permiten.

Las ventajas que ofrece la adopción de tales métodos de transporte, enteramente practicados por el departamento de conservación con su personal, resultan obvias comparadas con la utilización de trenes para cantidades limitadas de materiales, o la tracción de ellos mediante zorras a mano hasta el sitio del trabajo. El grado de éxito que logre obtenerse depende, sin embargo, del cuidado con que sea programado el trabajo.





Fotagrafías Nos. 13 y 14

Considerando en forma general y donde la red de caminos y facilidad de acceso lo permiten, el transporte caminero de personal y materiales para fines de conservación normal, es preferible al transporte ferroviario. Como se ha indicado precedentemente, ello supondrá, en términos generales, menor pérdida de tiempo en recorrer las distancias a y del trabajo, lo que es un paso deseable hacia la eliminación de unida-

des especializadas con las consiguientes complicaciones derivadas de los repuestos y mantenimiento en servicio.

Camiones como éstos están acondicionados para el transporte de personal de cuadrillas y materiales, variando su capacidad de acuerdo a las necesidades. No es esencial, desde luego, proveer vehículos de propiedad de la Empresa con capacidad suficiente para afrontar todas las exigencias, ya que el transporte caminero podría ser aumentado mediante la contratación de servicios. Debe anticiparse que los funcionarios de conservación progresistas adoptarán en medida creciente los vehículos de calle de un tipo standard para el transporte de personal, materiales y equipo.

En ocasiones se arguye que los vehículos de calle no pueden, en todos los casos, aproximarse suficientemente al sitio mismo del trabajo. La respuesta a tal argumentación debe ser hallada por cada funcionario responsable de conformidad con las necesidades y condiciones imperantes, teniendo en cuenta que a menudo pueden proveerse, para vehículos de calle, caminos de acceso a la zona vía, conectados a la red existente. Una vez que el Ingeniero haya hecho esto, se independizará en grado considerable del transporte ferroviario y de las desventajas derivadas del mismo.

El autor del presente trabajo ha tenido amplias oportunidades para estudiar las actividades desplezadas en gran escala en ese sentido por diversos ferrocarriles en Estados Unidos de Norte América, y a través de ello y de una mayor experiencia, no abriga dudas acerca de cuál es la política correcta que debería desplegarse en el futuro a este respecto.

EQUIPO EXCAVADOR, Etc.

Se expondrán ahora algunas consideraciones relativas al equipo para la conservación de terraplenes, guarda fuegos, etc.

Las unidades generalmente utilizadas para esta finalidad incluyen arado, «pala de buey», guinche con balde mecánico de arrastre y máquinas zanjadoras de diversa índole, mientras que las excavadoras de balasto, niveladoras - cargadoras, topadoras de frente («Bulldozers») y topadoras en ángulo, palas tractoras, cargadoras de punta a oruga y muchas otras, ocupan un lugar en las listas de equipos de conservación en los ferrocarriles.

Consideremos algunos de los tipos más comunmente utilizados:

Si bien es cierto que el arado común y la pala de buey no caen bajo la específica denominación de «equipo mecánico», deben, sin embargo, ser tenidos en cuenta por tratarse de elementos de considerable utilidad, con la ventaja de ser simples y de bajo costo. En efecto, el arado es una unidad de reconocida ayuda para hacer franjas preventivas de incendios, en cuyo renglón se registran frecuentemente mediante la aplicación de este elemento, economías de un 90% en comparación con el corte hecho a pala, y 80% con relación al efectuado a guadaña. Arados y palas de buey de varios tamaños, de tracción mecánica o a sangre, tienen amplio campo de aplicación en trabajos normales de rellenamiento y excavación de mediana cantidad, y en condiciones apropiadas, se ha logrado establecer, en la profundización de zanjas laterales, economías de un 80% en relación al trabajo hecho a mano. Las

palas de buey han resultado, asimismo, de incalculable utilidad para contribuir a mantener el tránsito libre en vías severamente afectadas por erosiones del suelo, tales como las ocurridas en la provincia de Buenos Aires y territorio de La Pampa durante los años 1938 y 1939.

Probablemente, uno de los equipos de mayor utilidad al funcionario de conservación es el guinche a oruga con balde común o a arras-



Fotografía Nº 15 - Unidad típica operando como guinche.



Fotografía Nº 16 - Unidad típica operando como guinche con balde de arrastre.

tre. Descontando los tamaños especiales para trabajos fuera de lo común, el guinche con balde de ⅜, ½ y ⅝ de capacidad en yardas inglesas es el que ha demostrado en la práctica ser el más adecuado para el trabajo diario.

Unidades como las mostradas, pueden ser transportadas fácilmente de un lado a otro en vagones ferroviarios generalmente sin necesidad de ser desarmadas. Pueden cargarse y descargarse en contados minutos

mediante el simple recurso de retirar uno de los bogies de un vagón (chata) dejando caer un extremo y arrastrándose bajo su propio poder para cargarse o descargarse de la chata. Con personal experto es posible efectuar esta operación en cualquier punto de la línea, entre estaciones, en el término aproximado de 15 minutos con un vagón acoplado a un tren común de carga.



Fotografía Nº 17 - Unidad típica operando como guinche con balde de arrastre.



Fotografía Nº 18

Cuando tales máquinas deban ser trasladadas a distancias apreciables fuera de la vía, es conveniente utilizar un acoplado especial a fin de evitar roturas, desperfectos, etc.

Este tipo de guinche puede ser utilizado, entre otros fines, para los siguientes:

1) Refuerzo de banquinas y ensanche de desmontes.
2) Manipuleo de balasto en canteras, depósitos, etc.

3) Trabajos importantes de irrigación, desagües, etc.
4) Limpieza general, excavaciones y relleno.
5) Como guinche liviano montado sobre oruga, o sobre vagón, como guinche de vía.
6) Elemento de auxilio para casos de inundaciones, etc.
7) Trabajos de pilotaje, con accesorios adecuados.

En relación con los beneficios económicos susceptibles de lograrse mediante el uso de tales implementos, podría citarse como ejemplo típico el refuerzo de banquinas, en cuyo trabajo se obtiene generalmente



Fotografía N° 19 - Ejemplo de banquina que requiere ser reforzada.



Fotografía N° 20. Ejemplo de banquina reforzada con el guinche con balde de arrastre.

de 60 a 70% de economía en comparación con el costo manual del mismo.

Hay casos en los que, por las características especiales que ofrece el trabajo de relleno, no es suficiente para su ejecución el empleo de la excavadora exclusivamente, y en los cuales se hace necesario complementarla con otros equipos destinados a apisonar el relleno.

Relacionados con la máquina para excavar zanjas, hay varios tipos en uso que son aplicables tanto para el corte de zanjas nuevas como para la limpieza o profundización de las existentes. En la República Argentina no se halla justificado, sin embargo, en términos generales, el uso de máquinas pesadas montadas sobre la vía, y se estima que en la mayoría de las contingencias de esta índole puede hallarse una solución adecuada mediante la utilización del arado, la pala de buey o el balde

de arrastre. Empero, deberá prestarse atención a las posibilidades que ofrecen las niveladoras de rueda inclinada. En llanuras, o zonas relativamente llanas donde con frecuencia existen vías al nivel del terreno o sobre terraplenes de poca altura, pueden mejorarse los aspectos de la conservación mediante la apertura de amplias zanjas laterales, y, en condiciones similares imperantes en vastas zonas de la Argentina, las nive-



Fotografía Nº 21 - Niveladora de rueda inclinada con tractor a oruga.



Fotografía Nº 22 - Niveladora de rueda inclinada con tractor a oruga.

ladoras de rueda inclinada resultan de ventajosa utilidad en esta índole de trabajo. Claro está que estas apreciaciones serán únicamente aplicables a regiones sujetas a lluvias normales o intensas.

La niveladora del tipo ilustrado, tiene capacidad para abrir de 500 a 700 metros lineales de zanja por día, a un costo de 60 a 80% menor que el trabajo manual, lo que implícitamente señala que en la práctica

se podrá efectuar una considerable proporción de trabajos de esta índole que de otra manera estarían fuera de la cuestión si tuviera que hacerse el trabajo en forma manual. El aludido equipo puede, asimismo, ser utilizado en otros trabajos tales como la nivelación de playas de estaciones y la preparación de caminos para vehículos de calle.

En la Argentina, hay mucha vía férrea balastada con tierra y con



Fotografía N° 23 - Perfiladora de banquinas, diseñada y construída por el Departamento de Vía y Obras de un ferrocarril de la República Argentina.



Fotografía N° 24 - La misma trabajando entre rieles

tapada completa, en virtud de cuyas circunstancias parece obvio señalar que es de suma importancia prestar especial atención a todo cuanto se relacione con el drenaje superficial.

Como consecuencia de hundimiento de vías, decadencia de la vegetación, etc., ocurre con frecuencia que la sección de balasto viene a quedar muy alta, lo que provoca que las aguas pluviales tiendan a

acumularse en torno de los rieles, condición ésta nada deseable, indudablemente. La eliminación de este inconveniente en forma manual exige un proceso que aparte de ser engorroso y lento, resulta muy costoso, de modo que la utilización de una máquina perfiladora deja un buen saldo económico.

Esta misma unidad, arrastrada por un camión de vía Diesel, corrige el perfil del balasto a razón de un término medio de 15 kilómetros de trabajo concluído por jornada de labor, incluyendo corte central y lateral. Hasta la fecha, este equipo ha funcionado sobre una extensión que excede los 1.500 kilómetros de vía, y teniendo en cuenta la limpieza de las canaletas de desagüe que se efectúa a mano después de la pasada de esta máquina, su utilización ha permitido obtener un 80% de economía en comparación con la tarea manual.

Los restantes implementos a que se ha aludido al iniciar el des-



Fotografía Nº 25 - La misma máquina trabajando en la parte exterior de los carriles

arrollo del presente tema, tales como la niveladora-cargadora, topadora («bulldozer»), cargadoras de punta, etc., etc., no serán tratados en homenaje a la brevedad, ya que su aplicación no está muy generalizada en cuanto concierne a la conservación rutinaria. Se llama la atención, sin embargo, a las posibilidades que ofrece la topadora («bulldozer») para perfilar y consolidar el relleno, reforzar banquinas, desparramar balasto nuevo, etc.

EQUIPO PARA EL TRATAMIENTO DE MALEZAS, LIMPIADOR DE BALASTO, Etc.

Las malezas siempre han sido y probablemente continuarán siendo causa de inquietudes para el funcionario de conservación; ellas invaden su balasto de piedra, y en vías balastadas con tierra, originaban antiguamente más de un rozamiento con los funcionarios de explotación. Merced al intenso empleo del equipo mecánico se ha logrado evitar casi por completo las demoras en que incurrían los trenes por ese inconveniente y es quizás más fácil hoy día extirpar las malezas que

en los tiempos en que se aducía la famosa excusa: «pasto en la vía» para justificar la demora de los trenes.

Aparte de cualquier inconveniencia a la corrida de los trenes, la destrucción del pasto en la vía y a los costados de la misma es de positivo beneficio para su conservación; se mejora el desagüe y se seca más



Fotografía Nº 26 - Vagón corta-pasto, con cuchillas rotativas, que normalmente corre con trenes de carga de acuerdo a las necesidades.



Fotografía Nº 27 - Máquina segadora a doble cuchilla

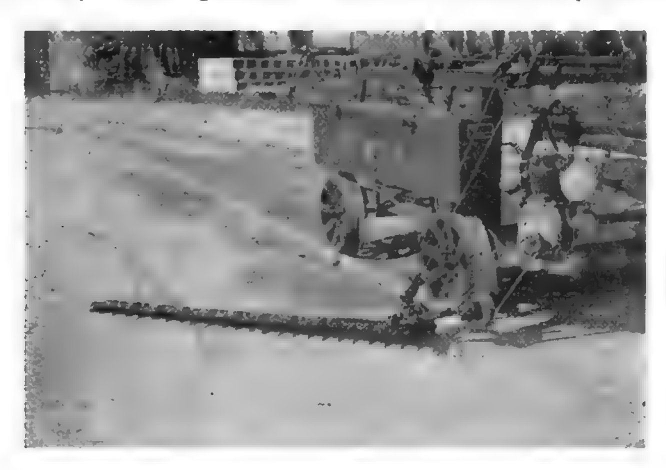
rápidamente la formación después de épocas lluviosas, facilitando así el trabajo de las cuadrillas.

En cuanto a la vía balastada con tierra, se han mantenido en uso durante años vagones corta-pasto, con muy buenos resultados.

Hoy en día el empleo de la segadora de pasto está muy generalizada en trabajos ferroviarios y ha tenido su desarrollo desde un simple implemento agrícola, utilizado en sus orígenes para el corte de yuyos

dentro de las playas de estaciones, hasta evolucionar hacia unidades a motor de autopropulsión y de tipos manuables para poder desplazarlos de la vía.

Cuando se lo estime necesario, pueden ser acopladas a un mismo remolque dos de estas máquinas: una para cortar en la parte alta de las banquinas, y la otra provista de brazos extensibles y de adaptación



Fotografía Nº 28 - Barra cortadora de la máquina segadora.



Fotografía Nº 29 - Guadaña liviana de 2 ruedas, a propulsión propia.

para cortar a los costados. El rendimiento del corte depende, naturalmente, del desarrollo que haya adquirido el pasto, pero teniendo en cuenta todos los factores, puede estimarse como razonable en unos 40 kilómetros diarios. La economía comparada con el trabajo a mano es de un 70 a 80%. Existen otros tipos de segadoras de pasto para correr sobre rieles, con una barra cortadora solamente, que pueden utilizarse para el corte de pasto fuera o entre rieles.

Las segadoras livianas, a propulsión propia y con facilidad para desplazar de la vía, son de considerable utilidad para la limpieza de vías en playas de estaciones, cortar guarda-fuegos, limpieza de zona vía, etc. También en este caso la economía resultante es de un 70% comparada con el trabajo manual.

Se están utilizando con cierta intensidad máquinas quemadoras de pasto y elementos químicos mata-yuyos, y sus relativos méritos han sido y aún continúan siendo motivo de alguna controversia. Sin embargo, aplicados adecuadamente y bajo condiciones convenientes, puede aseverarse que ambos métodos son eficientes, y cada funcionario responsable debe aplicar su propio criterio para decidir cuál de ellos mejor se adapta a sus necesidades de acuerdo a las particulares condiciones que en cada caso prevalezcan.

En los casos en que resulte factible la aplicación de ambos métodos, las respectivas ventajas o desventajas de cada uno de ellos pueden llegar



Fotografía Nº 30 - Máquina «Magra» mata-yuyos.

a establecerse luego de ser cuidadosamente considerados los siguientes factores:

1) Se dice que el uso del quemador de yuyos es más económico: la comparación variará, desde luego, de acuerdo con el precio corriente de los elementos químicos, pero al parangonarse ambos sistemas, debe tenerse presente que la pulverización mediante productos químicos provoca, con el transcurso del tiempo, un pronunciado efecto acumulativo.

2) El equipo pulverizador de elementos químicos puede ser accionado, en mayor grado, en trenes comunes de carga, evitándose así ocupación adicional de vía.

3) Puede obtenerse una eficiente pulverización sobre unos 120 a 150 kilómetros de vía por día, mientras que con los quemadores de pasto sólo se alcanza a hacer de 10 a 15 kilómetros de trabajo por día.

4) La pulverización química deja limpia la vía, evitando así las molestias que pudieran ocasionarse a los viajeros aun cuando éstas sean solamente por un período corto.

Entre la maquinaria disponible hoy para limpiar el balasto de piedra la hay formada por trenes especiales de limpieza con plataformas o muelles laterales y los recursos para ayudar a acelerar la obra manual, tales como zarandas mecánicas, portátiles y dotadas de cintas transportadoras.

Cuando debe procederse a la limpieza de un considerable volumen de balasto, el aludido equipo acelera la operación, pero son tantos los factores que concurren en lo que a su costo concierne, que resultaría inconducente cualquier tentativa tendiente a establecer comparaciones.

Hasta el presente, muy poco adelanto se ha experimentado en la Argentina en relación con la limpieza mecánica de balasto, pero se tiene conocimiento que el asunto es actualmente objeto de consideración de uno de los ferrocarriles, y bajo las condiciones en él imperantes, los estudios preliminares permiten abrigar la esperanza de lograr apreciables economías y con la ventaja de acelerar los programas de trabajo. Balasto más limpio en zonas sujetas a lluvias normales o intensas, supone mejor drenaje de las vías y de resultado, mejor conservación.

En Norte América, las escarificadoras accionadas a motor son extensamente utilizadas para la extirpación de yuyos entre el balasto de las banquinas y los resultados allí obtenidos son ciertamente dignos de tenerse en cuenta. Desafortunadamente no ha sido posible aplicar las máquinas de tipo standard a las condiciones normalmente afrontadas en la Argentina, donde los largos de los durmientes difieren considerablemente de las tolerancias para las cuales fueron construídos dichos equipos.

Para la eliminación de los yuyos en las vías balastadas con escoria y ripio, se emplea hoy día con intensidad la máquina con discos.

HERRAMIENTAS QUE SE UTILIZAN PARA LA CONSERVACION DE LA ESTRUCTURA DE LA VIA PROPIAMENTE DICHA

Probablemente es dentro del aspecto de lo que podría denominarse estructura de la vía propiamente dicha donde la aplicación de la mecánica a la conservación ha alcanzado los mayores progresos en los años más recientes.

En la Argentina ha estado en uso durante muchos años cierto número de implementos mecánicos, pero puede decirse que hasta hace unos cinco o seis años poco progreso se había alcanzado en lo concerniente a la utilización normal de equipos accionados a fuerza motriz, e indudablemente, si no hubiera sido por la guerra, se habrían podido lograr mayores progresos.

La nómina de los implementos mecánicos de que se dispone en la actualidad bajo este rubro, es ya formidable y a continuación se mencionan algunos de los tipos de uso más común.

Gatos de vía hidráulicos de operación manual.
Aparejos manuales para ajustar luz entre rieles de vía.
Aparejos manuales para escuadrar durmientes.
Agujereadoras de rieles accionadas a motor y de operación manual.
Máquinas accionadas a motor para cortar rieles.
Máquinas accionadas a motor para agujerear durmientes.
Prensadoras de fuerza motriz.

Máquinas con piedra carborundum para rebajar rieles.

Máquinas para tajar extremos de rieles y accesorios para las mismas.

Abulonadoras accionadas a motor.

Máquinas accionadas a motor para extraer clavos de gancho.

Máquinas accionadas a motor para clavar clavos de gancho.

Máquinas de chanflear y agujerear durmientes.





Fotografías Nos. 31 y 32 - Diversos tipos de máquinas para desbastar o esmerilar.

Máquinas accionadas a motor portátiles, para chanflear durmientes.

Máquinas accionadas a motor para tronzar durmientes.

Equipos para pisonar balasto alrededor de los durmientes.

Lubricadores de eclisas.

Equipos pulverizadores.

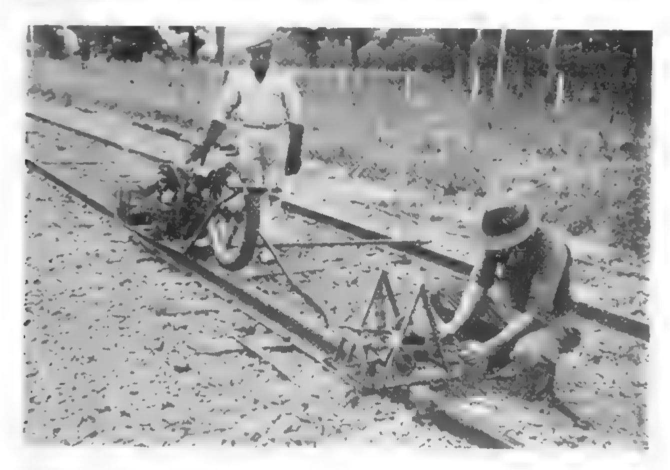
Equipos mecánicos para tender rieles.

Equipos soldadura eléctrica.
Equipos soldadura oxi-acetileno.
Equipos soldadura Termit.
Equipos soldadura eléctrica a tope.
Equipos para endurecer extremos de rieles etc., etc.

Vamos a considerar muy brevemente la aplicación de las más importantes de las precitadas máquinas, dejando de lado aquellas más simples, de operación manual, tan familiares a todos.

Para efectuar los levantes sobre largos trechos de vía, son preferibles los gatos de fuerza motriz a los comunes de operación manual, debido a que aquellos aceleran el trabajo, reducen los costos, disminuyen los accidentes personales y no afectan tanto los materiales de la vía cuando son adecuadamente utilizados.

Cuando sea necesario ejecutar un trabajo apreciable de corte y agujereo de rieles en el sitio, debido al desgaste de los rieles, o a la



Fotografía N° 33 - Máquina para desbastar o esmerilar.

recuperación de rieles desgastados en la vía por un proceso continuo de soldadura y hacer nuevos cortes en los rieles para las juntas, etc., son recomendables las máquinas de agujerear y tajar accionadas por motor. Las pequeñas unidades completas para cortar rieles cortarán un riel de 100 lbs. en cinco minutos aproximadamente, mientras que la máquina más pesada, montada sobre la vía, con discos de material abrasivo, hará el corte entre 25 y 30 segundos. Las máquinas agujereadoras de rieles son de varios tipos, pues las hay de tipo liviano, con una mecha, hasta aquellas montadas sobre vías, de seis mechas, con capacidad para efectuar 6 agujeros en el término de 1½ a 2 minutos.

Hoy día ningún Ferrocarril debe prescindir del equipo de desbastar o esmerilar rieles, el que, en sus respectivos tipos, constituye uno de los más poderosos medios de defensa que tiene a su disposición el funcionario de conservación. El esmerilado de por si es de valor incalculable para propósitos tales como: emparejar las juntas de rieles de reciente colocación, retardando así la iniciación de aplastamientos; ha-

ciendo juego las juntas de los rieles cuando se reemplaza con riel aislado; mejoramiento de superficie de rieles en las juntas después de suplementar o fijar eclisas reconstruídas; rectificación de agujas de cambios a su justo perfil, tajado, etc.

Es un accesorio esencial cuando se efectúa cualquier clase de soldadura de vía, ya en la reconstrucción de juntas desgastadas, soldadura al tope de rieles, soldadura de cruzamientos u otros procesos.





Fotografías Nos. 34 y 35 - Otros tipos de máquinas para desbastar o esmerilar.

Los principales tipos de desbastadoras o esmeriladoras, son las accionadas a mano, asociadas generalmente a la reconstrucción de cruzadas desgastadas y aquellas que se utilizan para trabajos tales como esmerilado superficial en extremos de rieles y tajado. Hay máquinas pesadas para el esmerilado con justeza de extremos de rieles gastados, soldadura eléctrica a tope en sitio, etc.

Estas máquinas han contribuído eficazmente a elevar el standard

de conservación y a prolongar la vida del riel. La aceleración y los costos del trabajo varían, naturalmente, de acuerdo con la dureza del metal, la cantidad de metal a rebajar, etc. Como un ejemplo, se ha comprobado que en el trabajo de esmerilado de las superficies lisas de los rieles al efectuar trabajos de reacondicionar las juntas, según practicado por un Ferrocarril en la Argentina, una máquina hace alrededor de 140 juntas por día término medio, a un costo aproximado de un centavo por pulgada lineal de riel esmerilado.

Aparte de los más comunes tipos de equipo esmerilador mencionados, en ciertas partes del mundo existen otros, tales como los vehículos especiales para eliminar las ondulaciones en la superficie de los rieles.

Los tipos más comunes de máquinas de agujerear y chanflear son familiares a todos, y aparte de la mayor exactitud que proporcionan al



Fotografía N° 36 - Máquina de agujerear y chanflear.

trabajo, su costo, en comparación con la labor manual, se reduce en la considerable proporción de 60 a 70%.

En la actualidad se utilizan intensamente en Norte América máquinas portátiles de chanflear durante el proceso de reemplazar rieles sobre durmientes existentes. Cuando se efectúan tales renovaciones parciales, estas máquinas pueden ser consideradas como equipo standard, y las pruebas practicadas han permitido establecer que aquellas pueden ser usadas, si se desea, con durmientes de madera dura.

Una máquina intensamente empleada y que está proporcionando considerable ayuda a la conservación, es la abulonadora mecánica. Puede utilizarse para el ajuste rutinario de bulones de eclisas, de cleeps de durmientes de acero y de asientos acuñados, y su valor es incalculable cuando en la ejecución de trabajos de vía es necesario desarmar las juntas y volverlas a armar. La celeridad del trabajo varía de acuerdo con las condiciones imperantes, pero como ejemplo puede agregarse que cuando se desarman y arman juntas conforme al método practicado por un ferrocarril argentino, una máquina trata como término medio de 90 a 100 juntas de 6 bulones por día, disminuyendo su costo en más de

un 50% en relación con el trabajo manual, reduciendo, a la vez, el porcentaje de roturas de los bulones y facilitando una ajustada y relativamente uniforme tensión en los mismos.

El trabajo de pisonar con pisonadoras de aire comprimido no es una novedad, pero debe significarse que los resultados obtenidos han mejorado enormemente como consecuencia de haberse advertido que





Fotografías Nos. 37 y 38 - Abulonadora mecánica.

las herramientas pisonadoras son empleadas basándose más bien en el principio de consolidación por vibración que por medio de fuertes golpes. El apisonamiento por fuerza motriz, basado en el proceso primitivo de pesados golpes, ha ocasionado mucho perjuicio en el pasado. Es generalmente admitido ahora que el apisonamiento a fuerza no debe ser intentado a menos que exista debajo de los durmientes una buena cama de balasto bien aislada de la formación. En la Argentina, donde las secciones de balasto en general no son muy amplias, la impresión recogida es que el apisonamiento en esta forma debe limitarse a repa-

raciones consecutivas ejecutadas en ciclos por períodos de unos años y que, como regla general, no debe emplearse para apisonamientos aislados.

Existen tres clases principales de apisonadoras a fuerza motriz: neumáticas, eléctricas y automáticas, consistiendo, las dos primeras, de compresores y generadores, respectivamente, que alimentan una serie de pisones, y la última, de pisones completos accionados mediante el proceso de combustión interna.

Un examen de equipos de reciente adquisición predispone a confirmar la tendencia de utilizar día a día más intensamente herramientas eléctricas en los trabajos relacionados con la conservación de la vía. Con el apisonamiento a fuerza motriz, correctamente aplicado con herramientas adecuadas y en apropiadas condiciones, se ha obtenido, en términos generales, mayor uniformidad para consolidar la vía que la que podría lograrse con apisonamiento manual.



Fotografía N° 39 - Equipo pisonador neumático.

El lubricador de eclisas puede recomendarse como un fácil medio de practicar esa tarea en la vía sin afectar el armado de las juntas.

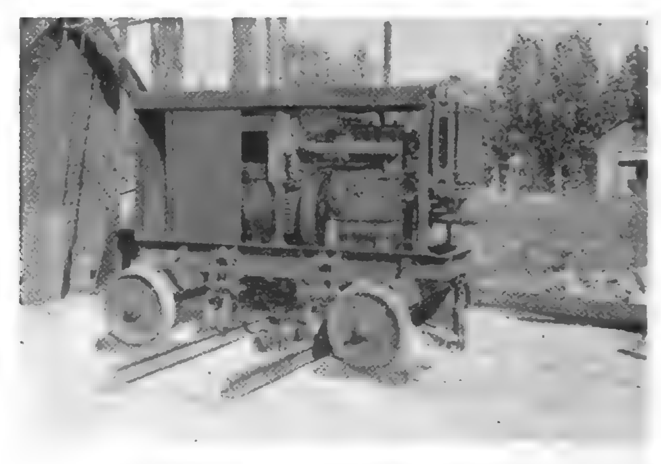
Bajo ningún concepto podría considerarse completo estudio o artículo relacionado con la aplicación de la mecánica a la conservación de la vía permanente, en el que no se haga alguna referencia a soldadura.

Tal como actualmente se aplica para el mantenimiento de la vía, la soldadura es de por sí un vasto tema, pudiendo decirse que, en general, ha tendido a revolucionar la concepción básica de la conservación de la vía, y que su empleo afecta de modo intenso la vida del riel. Para formarse una idea de lo que ha significado la introducción de la soldadura, sólo será necesario considerar la forma en que, sin otra alternativa, debían retirarse de la vía las cruzadas tan pronto como alcanzaban cierto grado de desgaste, como asimismo que los rieles, en general, tenían que ser radiados de uso en las líneas principales debido a las condiciones de sus extremos con la única posibilidad de recurrir al corte de dichos extremos, solución ésta, de por sí, indeseable y costosa.

Hoy día, el acero puede ser rápidamente restaurado tanto en las

cruzadas como en los extremos de los rieles, y repetirse el proceso mientras el metal matriz se mantenga básicamente intacto. Debe recalcarse la expresión «mientras el metal matriz se mantenga básicamente intacto», ya que ante la ausencia de esta condición, estará condenada al fracaso cualquier clase de soldadura.

En lo que se refiere a la reparación de cruzadas y extremidades de



Fotografía Nº 40 - Equipo generador.



Fotografía Nº 41 - Soldadura de una cruzada gastada.

rieles, son practicadas las soldaduras eléctrica y de oxi-acetileno, habiéndose establecido que, en general, ambas se adaptan mejor a las condiciones locales. Indudablemente, el acero manganeso requiere la aplicación de soldadura eléctrica para la reconstrucción de partes gastadas.

En primer término, y sumariamente, se considerará el aspecto relativo a la reparación de cruzadas mediante el proceso de soldadura.

Dos son, desde luego, los beneficios que se logran merced a la re-

construcción de las cruzadas gastadas, vale decir, la obtención de un porcentaje mayor de conservación, y economía. En cuanto a este último aspecto, los detalles que a continuación se consignan podrían ser de utilidad para apreciar algunos factores financieros en juego:

1) Los análisis de cargos practicados en miles de reparaciones mediante soldadura tienden a demostrar que, en términos generales, la vida de las cruzadas es ampliada en un 25% por cada reparación efectuada.

2) En las condiciones que imperan en las vías principales de intenso tráfico, la vida de una cruzada puede ser ampliada, prácticamente, hasta un 150% mediante repetidas reparaciones, antes de resultar aconsejable su traslado a vías de ramales o desvíos. En los casos en que las reparaciones por soldadura se efectúen en la vía, la ampliación de vida de las cruzadas en sitio tiene influencia favorable en la vida de los durmientes de cruzamiento asegurados con clavos de gancho.



Fotografía Nº 42 - Reconstruyendo talón de cambio.

3) El análisis de los trabajos de reparación de cruzadas por soldadura durante el período de un año, en un Ferrocarril de la Argentina, ha permitido establecer que mediante un gasto bruto de $ 48.000 se evitaron renovaciones por una valor de $ 160.000, vale decir, una economía directa de $ 112.000.

Aparte de lo que antecede, una adecuada programación de las reparaciones asegura un menor desgaste, lo cual generalmente implica una disminución de los impactos en las cruzadas, durmientes de cruzamiento y balasto, lo que reduce, a la vez, las renovaciones, y facilita la conservación rutinaria normal.

Puede mencionarse, de paso, que una adecuada inclinación a los rieles de ala en las cruzadas mediante la adición de metal de soldadura, para enrasar el camino de las ruedas y disminuir así su movimiento vertical, es una práctica acertada y muy importante en vías por donde circulan trenes a altas velocidades.

Cuando se procede a reconstruir cruzadas sobre el terreno es considerada una buena práctica aprovechar la oportunidad para aplicar

también soldadura a las juntas gastadas que se hallen en el conjunto y esmerilar las agujas de cambio a su perfil normal, si ello fuere necesario.

Se aludirá ahora a la reconstrucción, en el terreno, de los extremos gastados de los rieles.

La reconstrucción de extremos de rieles gastados es un proceso que ha asumido gran importancia en los últimos años como medio efi-



Fotografía Nº 43 - Reconstruyendo extremos gastados de rieles mediante soldadura de oxi-acetileno.



Fotografía Nº 44 - Esmerilando extremos de rieles después de soldar.

ciente de mantener una buena superficie en los rieles, a través de las juntas, favoreciendo así la buena tracción y el mantenimiento de los accesorios de las juntas, los durmientes en las mismas y el balasto debajo de éstos, sin hablar de la prolongación de la vida del riel mismo. El proceso tiene las grandes ventajas del costo reducido, de la rapidez, y de no requerir la ocupación de la vía.

En tiempos pasados se acostumbraba a reconstruir el desgaste sobre el área total de la cabeza del riel, pero ese proceso ha sido desplazado en gran parte por el conocido como «strip welding» que, como su nombre lo indica, consiste en la soldadura («welding») de una franja («strip»), a lo largo de la cabeza del riel, sobre la extensión que re-



Fotografía Nº 45 - Juntas de rieles antes de ser reconstruídas.



Fotografía Nº 46 - Juntas de rieles después de ser reconstruídas.

quiere ser tratada. Esa franja es generalmente de dos terceras partes del ancho de la cabeza del riel y ligeramente excéntrica de su eje. La soldadura en esta forma («strip welding») cuesta menos que el proceso original, y debido a sus condiciones metalúrgicas más favorables, ofrece resultados comparables a la larga.

Como ejemplo de lo que ha sido alcanzado mediante la reconstruc-

ción de extremos gastados de rieles en la Argentina, puede ofrecerse el siguiente caso típico:

En cierta línea principal, de tráfico intenso y pesado, los extremos de rieles se hallaban tan severamente machacados, que se había tornado absolutamente imposible mantener la vía en condiciones adecuadas. Los cálculos demostraban que si mediante el proceso de soldadura de las puntas machacadas los rieles podían ser mantenidos en uso solamente por otro año, su costo estaría más que justificado; y se decidió proceder con el trabajo. Este fué realizado hace varios años y los extremos de rieles están todavía en tan excelentes condiciones que finalmente se ha estimado justificado postergar su renovación por 10 ó 12 años, lo que equivale, aproximadamente, a 50 millones de toneladas de tráfico bruto adicional. Puede agregarse que desde que fueron reconstruídos los extremos de dichos rieles, los gastos de conservación han correspondido a los de una vía relativamente nueva.

Se formulan a continuación, algunas consideraciones acerca de la soldadura de rieles en largos de varios tramos, como una ayuda para la conservación.

Existen actualmente tres principales métodos para la ejecución de este trabajo, a saber:

1) Soldadura eléctrica de arco
2) » «Thermit» a fusión
3) » eléctrica a tope.

La soldadura eléctrica al arco ha sido aplicada, con cierto grado de éxito, en vías sujetas a tráfico de peso relativamente reducido, pero no ha alcanzado un grado de desarrollo que pudiera considerarse como satisfactorio como para aplicarla en vías de tráfico rápido, intenso y pesado.

La soldadura «Thermit» es un sistema de comprobada excelencia que durante largos años ha sido aplicado en muchas partes del mundo bajo arduas condiciones. A pesar de ser aparentemente costoso, posee las grandes ventajas de representar un valor muy nominal de gastos de plantel y es de rápida aplicación al soldar los rieles tanto adosados en la vía como fuera de ella. Ha sido empleado extensamente por una red ferroviaria en la Argentina, y bajo las condiciones allí imperantes, las ventajas obtenidas han compensado ampliamente el aparente alto costo de cada soldadura.

La soldadura eléctrica a tope es, asimismo, un sistema de probada excelencia técnica, pero ha adolecido de las desventajas inherentes a equipos fijos y del oneroso gasto inicial. Puede anticiparse que el desarrollo del equipo portátil de soldadura eléctrica a tope, logrará neutralizar ampliamente la desventaja aludida en primer término y que el proceso asumirá mayor popularidad. Parece casi innecesario agregar que cuando se trate de una renovación completa de rieles, desaparecen en grado sumo los inconvenientes derivados del equipo fijo de soldadura a tope.

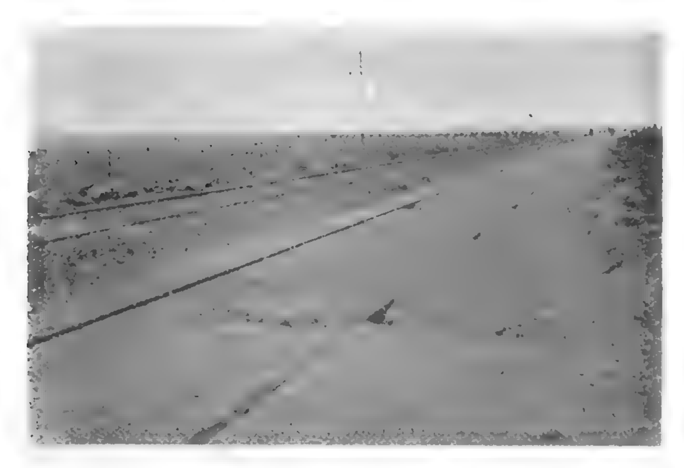
Deben mencionarse, de paso, otros dos sistemas de soldadura de rieles largos, denominados oxi-acetileno y a tope con oxi-acetileno. Ambos se hallan en su estado inicial, pero es aconsejable vigilar su des-

arrollo. Pruebas preliminares han sido ya iniciadas en la Argentina con el sistema señalado en primer término.

Desde el punto de vista de la conservación, las ventajas derivadas de la eliminación de las juntas de rieles en las vías son demasiado conocidas para hacer en esta oportunidad otro comentario a su respecto, que no sea aquel de que son necesarios cuidadosos estudios prelimina-



Fotografía Nº 47 - Soldadura «Thermit» en la vía.



Fotografía Nº 48 - Vía restaurada por soldadura «Thermit».

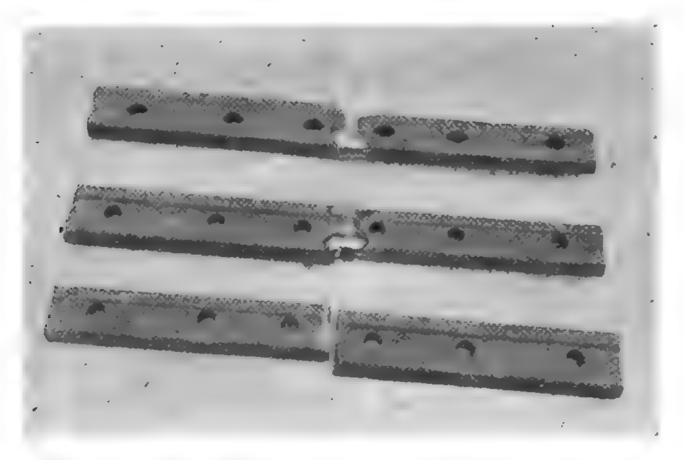
res para asegurar que el desembolso es justificado, y que deberá emplearse prudencia en lo concerniente a los largos de riel así soldados, para garantizar las características esenciales a la buena corrida de los trenes.

Cuando se reacondicionan rieles usados, el funcionario de conservación puede tener que decidirse por la reconstrucción de extremos gastados de riel o por la soldadura de rieles en largos trechos. La alterna-

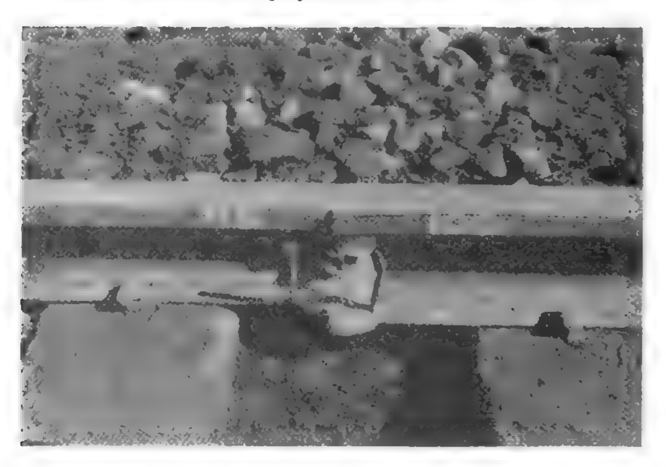
tiva a escoger dependerá de las condiciones locales que pudieren prevalecer en la emergencia.

Como un ejemplo de lo que puede lograrse mediante la soldadura de rieles en largos trechos, puede ser de interés lo siguiente:

Un trecho de 45 kilómetros de rieles de 100 libras, datando del año 1909, en una importante vía principal, había alcanzado un estado



Fotografía Nº 49 - Eclisa de combinación soldada con equipo a arco.

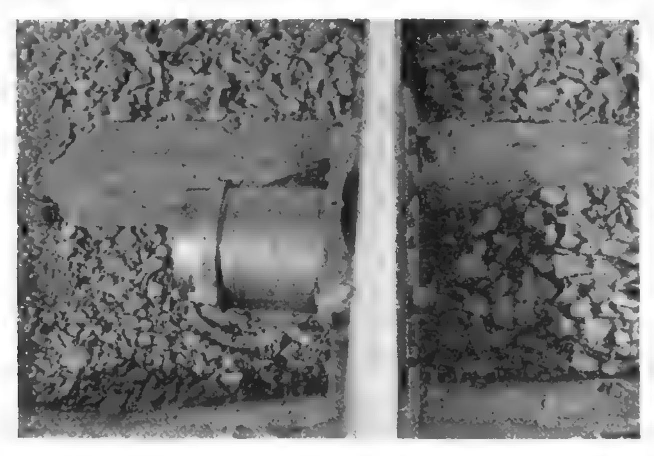


Fotografía Nº 50 - Riel de combinación soldado con equipo «Thermit».

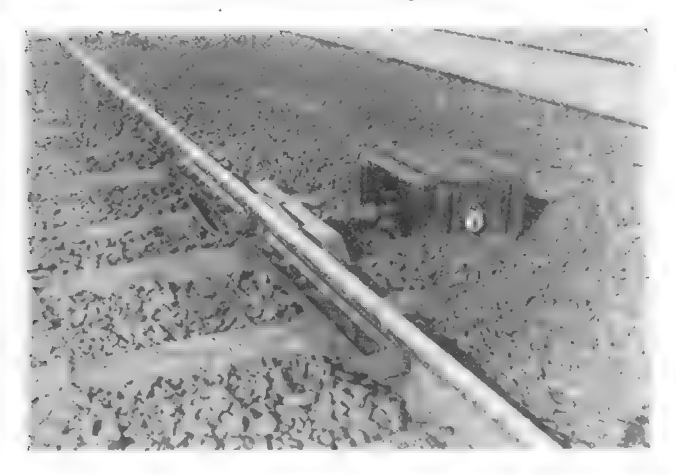
que no podía ser mantenido en condiciones adecuadas. Las juntas de rieles se hallaban en mal estado y eran tales las condiciones, que la única alternativa para evitar su total renovación, era la de soldr a tope los rieles en largos paneles. Esto fué hecho en la vía por el proceso «Thermit» y los resultados obtenidos pueden resumirse como sigue:

—La vía fué restaurada a excelentes condiciones de tracción.

—Se redujeron en un 56% los gastos de conservación directa.
—En base a pruebas practicadas en otros puntos del Ferrocarril, bajo condiciones de intenso tráfico pesado, se estima que la soldadura de los 45 kilómetros a que se alude habrá de diferir su renovación por un período tal que, enfocándolo a gran distancia, representará una economía líquida de $ 193.500.



Fotografía Nº 51 - Lubricador de riel y de pestaña, utilizado en la Argentina.



Fotografía Nº 52 - Idem ídem de tipo pesado.

Otro aspecto de la valiosa aplicación de soldadura, que puede mencionarse en relación con el mantenimiento de la vía, es el que contempla el empalme de rieles de distintos pesos. Mediante soldaduras al arco pueden prepararse rápidamente eclisas de combinación sumamente satisfactorias, o ,mejor aún, pueden hacerse rieles de combinación con la soldadura a tope.

Existen dos usos adicionales para los sopletes de autógena aplicables

a las operaciones de conservación normal. El primero consiste en enderezar, mediante la llama, eclisas «vencidas» en la vía, método fácil de eliminar esta clase de defectos rápidamente y a un reducido costo. Consiste el otro uso en limpiar por medio de la llama las juntas de rieles durante operaciones de reacondicionamiento, obteniéndose así un mejor y más económico resultado que el que es posible lograr mediante el trabajo manual.

EQUIPO MISCELANEO

Existe una cantidad de equipos que pueden ser agrupados bajo esta denominación, pero como no es corriente su aplicación en trabajos de conservación normal, no serán tratados sino para ofrecer algunas breves observaciones relativas a los lubricadores de rieles y de pestañas de los mismos. Estos están siendo incorporados de conformidad con la práctica norteamericana, aun cuando son, en realidad, aparatos fijos de vía.

Diseñados para lubricar el riel superelevado en curvas, los modelos originales utilizaban aceite lubricante y eran ineficaces comparados con otros más recientes en los que se empleaba grasa grafitada.

Los lubricadores aumentan la vida del riel en curvas, contribuyen a mantener la alineación y mejoran las características de tracción. Los resultados obtenidos dependen de diversos factores, pero comunmente se obtiene un aumento del 50% en la vida del riel.

FUNCIONAMIENTO, MANTENIMIENTO Y REPARACION DEL EQUIPO MECANIZADO

Tal como enunciado al comienzo de este escrito, uno de los factores fundamentales para obtener el resultado más eficiente posible en el uso del equipo mecanizado, es el de establecer la mejor forma de mantenerlo en funciones. Ello implica poseer conocimientos de cómo debe procederse para mantener el equipo funcionando satisfactoriamente y librándolo de toda posibilidad de paralización o retiros prolongados del servicio para reparaciones de emergencia o rutinarias. Mucho es lo que podría decirse sobre este particular, pero en obsequio de la brevedad, solamente se ofrecen, para consideración, las siguientes sugestiones:

1) El equipo debe ser manipulado únicamente por operarios adecuadamente adiestrados, y con la debida autorización para ello.

2) No deberá permitirse a los operarios pretender la ejecución de ajustes u otras reparaciones que aquellas que no requieran un experto conocimiento, salvo que ellos hubieran sido específica y adecuadamente preparados para realizarlas y estuviesen debidamente autorizados para ello.

3) El equipo mecanizado deberá ser revisado a intervalos apropiados y ciñéndose estrictamente a bases programadas, por mecánicos ambulantes especializados.

La función de estos operarios debe circunscribirse únicamente a la revisación del mecanismo y la ejecución de ajustes esenciales que no sólo sea posible hacer sobre el terreno, sino que realmente sean los que deban hacerse sobre la obra.

4) Periódicamente, el equipo debe ser revisado en el sitio donde sea utilizado, por calificados inspectores mecánicos, a efectos de verificar su manejo, rendimiento, y fiscalizar el trabajo de los mecánicos ambulantes.

5) La labor deberá organizarse en forma tal que cualquier descompostura pueda ser atendida sin dislocar los programas normales de rendimiento y de supervisión.

6) Los materiales de «consumo» deberán ser siempre de adecuada graduación, calidad y cantidad, y convenientemente preservados en todos los tiempos.

7) El equipo deberá enviarse para inspecciones periódicas en el taller, en base a un programa preestablecido adecuado, procurando organizar el trabajo en dicho lugar de modo tal que el equipo permanezca retenido el menor tiempo posible.

8) Deberá considerarse indispensable para el mantenimiento adecuado en servicio y reparación de los equipos, llevar registros del funcionamiento, inspección, ajuste y reparación de los mismos.

CONCLUSION

Se confía en que las precedentes consideraciones puedan resultar, en cierto modo, de alguna utilidad para llamar la atención acerca de la parte que desempeña el equipo mecanizado para contribuir a resolver los problemas relacionados con la conservación de la vía permanente.

¿Qué sucederá en el futuro? En medio de las condiciones presentes ello no resulta muy fácil de vaticinar, puesto que es difícil determinar cómo y en qué grado el acelerado desarrollo de los últimos años va a afectar a la industria ferroviaria. Una cosa puede tomarse como segura, y ello es que los horarios de los trenes tendrán que ser apreciablemente restringidos en muchas rutas. En base a lo que ha ocurrido repetidamente en el pasado, en que ello ha sido intentado aumentando las velocidades máximas fuera de toda proporción con los promedios obtenidos y utilizando locomotoras inadecuadas para dichos propósitos, ¿podría sorprender que muchos funcionarios de conservación contemplen el futuro con alguna aprensión?

La mayor parte de la gente confía en que el mundo está aproximándose a una era de mejor entendimiento. Es de desear que ese sentimiento sea experimentado en su máxima intensidad por la actividad humana representada por la industria ferroviaria. Si así fuera, la casi legendaria y destructiva guerra del material rodante a la vía permanente habrá terminado. De este modo muchos kilómetros de valiosa vía permanente serán salvaguardados para brindar eficientes servicios por muchos años venideros, mantenida a standards adecuados para trenes con velocidades mayores por medios que incluirán el uso del equipo mecanizado en un grado de constante aumento.

INFORME DEL RELATOR

En su trabajo «La Mecánica al servicio de la conservación de la vía permanente» el Ingeniero John E. Sandham destaca la importancia que hoy en día adquiere la aplicación de equipos mecánicos, la cual se irá incrementando en los días futuros.

Destaca la necesidad de que todo funcionario responsable del Servicio de Conservación esté atento a todas las posibilidades que se vayan ofreciendo en defensa de la economía de la explotación ferroviaria y en el mejoramiento del mismo francamente puesto de manifiesto en los últimos años.

Llama la atención sobre el estudio financiero preliminar, que debe ser cuidadoso, en relación con la adopción inicial del equipo mecánico o su sustitución por otro más moderno o mejor adaptado a las necesidades particulares de algunos ferrocarriles según su categoría.

En este aspecto menciona: la consideración de la vida de los equipos, ofreciendo datos experimentales de muchos años en el Ferrocarril Sud; la posibilidad de alquilar equipos y la de prestar mayor atención a las máquinas de múltiple aplicación.

Luego hace una detallada exposición sobre máquinas en uso: para el transporte de personal y materiales considerando la posibilidad de utilizar en algunos casos vehículos de carretera; para los movimientos de tierra en terraplenes, desmontes, zanjas, etc.; para el tratamiento de malezas, limpieza de balasto, etc.; para la conservación de la superestructura de la vía.

En este último grupo, del cual hace una larga enumeración, dice, es donde se han realizado mayores progresos y donde el equipo mecánico ha alcanzado mayor éxito, ofreciendo una serie de datos muy interesantes sobre costos y economía obtenidos por la aplicación de estos equipos.

Señala después la importancia que tiene la conservación del equipo en su eficiencia y a tal propósito puntualiza varias consideraciones a tener en cuenta en su organización.

Todo este trabajo está complementado con múltiples fotografías de equipos en aplicación.

Termina el Ingº Sandham diciendo que «una cosa puede tomarse como segura, y ello es que los horarios de los trenes tendrán que ser apreciablemente restringidos en muchas rutas» y que en consecuencia la industria ferrovaria deberá procurar los elementos necesarios para que termine la guerra del material rodante a la vía permanente con lo cual se salvarían muchos kilómetros de la misma, tan valiosos al progreso general.

La comunicación del Ingº Sandham es, en mi concepto, muy interesante, por lo cual me permito aconsejar su publicación y proponer que el Congreso adopte la recomendación de que el Comité Ejecutivo fomente el intercambio y difusión de la información experimental que se obtenga por servicios técnicos de las administraciones ferroviarias adheridas, en la utilización de equipos mecánicos para la conservación de vía permanente.

RESOLUCION DEL CONGRESO

1º) Publicar el presente trabajo en las Memorias del Congreso.

2º) Recomendar que el Comité Permanente solicite de las Administraciones Ferroviarias los datos experimentales respecto a la utilización de equipos mecánicos en la conservación de la vía permanente, esto en vista del continuo aumento del costo de la mano de obra y su reducción en rendimiento.

TEMA 4

ECONOMIAS POSIBLES Y MEDIOS DE REALIZACION APLICADOS A LA CONSERVACION DE LA VIA PERMANENTE.

AUTOR: *F. C. COCHABAMBA-SANTA CRUZ.*
RELATOR: *Ingeniero ANTONIO J. CASABO.*

32.

INFLUENCIA DEL TRAZADO EN LA ECONOMIA DE EXPLOTACION EN LOS FERROCARRILES DE MONTAÑA.

AUTOR: *F. C. COCHABAMBA-SANTA CRUZ.*
RELATOR: *Ingeniero ANTONIO J. CASABO.*

32ª.

Origen y objeto de la conservación de vía.—Cualquiera que sea la categoría de los ferrocarriles permanentes, estos son construídos con un fin de utilidad directa o indirecta, de modo que el desideratum es obtener un dividendo si se trata de una empresa particular, o de llegar, o aproximarse, al self-sustained (mantenido por sí mismo), si es un servicio del Estado para que su explotación no sea demasiado onerosa al erario; pero, sucede con mucha frecuencia que en la construcción no se toma el debido cuidado técnico y geológico en el trazado, ni se aprecia de una manera apropiada el aumento del tráfico probable, y sea por la falta de fondos o por economías mal entendidas se hace una obra barata y rápida para llenar las exigencias del momento.

Después que la construcción ha terminado sus trabajos, aparece la Conservación de Vía heredando de aquella todas las deficiencias y errores y aumentando sus afanes con las exigencias de un tráfico cada día mayor y más pesado, el que en ningún momento es posible suspender ni aún reducir, y, por el contrario, hay que proporcionarle un coeficiente de seguridad dado; pero esto pasa después de algún tiempo de terminada la vía y cuando, generalmente, ha aumentado el valor de los materiales y jornales haciendo que el presupuesto de Conservación de Vía aumente también año tras año, y como las reparaciones son locales, no hay mejora permanente alguna, especialmente si se siguen empleando materiales baratos, y en ningún momento se logra conseguir por completo una línea que pueda llamarse normal, lo que se traduce en un rápido deterioro del material de la vía, del material rodante y de tracción, que hace ilusoria toda utilidad directa e indirecta, y si no se corrigen a tiempo estas deficiencias llegará el caso de que la vía no será capaz de ejecutar con la seguridad debida todo el transporte que el aumento del tráfico le imponga.

Como los gastos de conservación son constantes y mayores mientras más aumente el tráfico y el capital de construcción es amortizable, se desprende que es económico mejorar una vía permanente deficiente hasta ponerla en condiciones normales aún para el máximo tráfico probable.

Esto requiere un presupuesto anual de mejoramiento, previo detenido estudio de las deficiencias y errores a corregirse.

De lo anterior se deduce: Que es falsa economía bajar del mínimo necesario los gastos de estudio y construcción de una vía y caso de imponerse este temperamento, debe acompañarse, desde el primer momento, un presupuesto anual de mejoras al de conservación de vía.

Organización del Departamento de Conservación de Vía.—La línea es la parte fundamental de todo ferrocarril y debe ser conservada en forma que ofrezca la debida seguridad al transporte que se le señala, aunque no haya la adecuada relación entre el tráfico y las características de su construcción, lo que requiere en el personal de Conservación de Vía una sólida organización que defina sus deberes, atribuciones y responsabilidades de cada uno de sus componentes, a fin de coordinar sus esfuerzos bajo la dirección del Jefe, quien por la responsabilidad que inviste debe tener en sus manos la autoridad disciplinaria suficiente y, además, él tendrá que estar sometido a órdenes directas de una sola cabeza o de su reemplazante.

Así pueden obtenerse los mejores resultados y una economía efectiva en el presupuesto. De otro modo sobrevienen el relajamiento disciplinario, las evasivas y contradicciones que anulan todo control a causa del desprestigio del superior.

Por escaso que sea el presupuesto de este Departamento, nunca debe faltar el personal estrictamente necesario como el Inspector de Obras de Arte y Construcciones, para revisar continuamente los puentes, alcantarillas, etc., dirigir y controlar el trabajo de las cuadrillas de albañiles, así como el consumo de material, evitando desperdicios y filtraciones y más bien obteniendo economías efectivas y, además, previniendo accidentes que pueden ser muy graves. Los Camineros Mayores al inspeccionar constantemente su sección, dirigiendo y vigilando el trabajo de las cuadrillas, instruyendo a los capataces y obligando a éstos a cumplir los reglamentos, deben también revisar las obras de arte y tomar inmediatamente las medidas que en un caso urgente se requieran, para evitar accidentes o atrasos de trenes, dejando al inspector respectivo la reparación completa de los desperfectos, que le retendrían demasiado tiempo con perjuicio de su labor.

Otro principio de organización que debe tenerse presente es aquel que indica que la distribución del trabajo entre los empleados debe hacerse en forma tal que no resulte excesivo para alguno de ellos.

Lo anterior y lo que sigue, descansa en estos dos principios:

1. En toda organización el individuo es la unidad más importante; y
2. Nada hace más cuidadoso al individuo que la responsabilidad y la instrucción especial que reciba.

Conservación de Vía.—Aunque hace tiempo el adelanto general de los ferrocarriles ha quitado de las manos de los hombres prácticos sa-

lidos del grupo de Camineros, la dirección exclusiva de la Conservación de la Vía, todavía en Bolivia es casi la única escuela para la formación de capacataces y Camineros Mayores, pero, se impone, para obtener un personal idóneo la selección cuidadosa del personal susceptible de ascenso a clavadores o segundos capataces, por no ser suficiente la simple antigüedad del individuo para reputarlo con las condiciones necesarias.

Para definir las obligaciones y completar la instrucción del personal encargado de la Conservación de Vía, debe proveérsele de una cartilla que contenga los rudimentos de su especialidad, el reglamento respectivo, el de señales y el Código de Seguridad.

En general, los salarios asignados a los Camineros son más bajos que los que se pagan en otras actividades, por lo que se hace difícil conseguir personal siquiera de mediana calidad y permanente. Por otra parte su renovación constante da a cada cuadrilla muy poca eficiencia y sucede a menudo que en la época más propicia para hacer reparaciones o mejoras efectivas en la vía, otras, industrias, como la agricultura, se llevan ese personal.

Se podría remediar esto, estudiando una escala apropiada de salarios que vaya en aumento según el tiempo de servicios y proporcionándoles, alrededor de los campamentos, pequeños campos de cultivo para sus hortalizas, que al mismo tiempo de aumentar sus medios de subsistencia, los arraigue al sector. Con personal idóneo, que aumente el rendimiento del trabajo, se podrá mantener la vía en un estado más próximo al normal, produciendo una economía apreciable aunque indirecta.

Un capataz que conoce su zona, es decir, los puntos atacables de la línea, por avenidas, o débiles por mal lastre, o curvas demasiado estrechas, o cortes cerrados desmoronables, etc., etc., sabrá aprovechar mejor el tiempo seco para prepararlo contra las lluvias, que uno que recién se inicia.

Si el campamento de una cuadrilla queda fuera de una estación, debe estar provisto de un teléfono que le permita pedir vía libre y evitar accidentes o cumplir a tiempo las órdenes urgentes.

RENOVACION DE MATERIAL DE LA VIA

Durmientes.—En el presupuesto anual de la conservación de vía, la partida destinada a renovación de durmientes es siempre crecida y si esta renovación se hace con material de baja calidad puede llegar a igualar y aún superar al gasto por mano de obra, y cómo el buen estado de la línea, su seguridad y la suavidad del rodado que disminuye el desgaste o deterioro del equipo depende en mucho de las traviesas, se deduce que éstas deben ser conservadas siempre en buenas condiciones, lo que no podrá conseguirse sino renovándolas continuamente, lo que significa un fuerte gasto que merece ser estudiado para reducirlo al mínimo.

Hemos visto en la práctica que un durmiente de mala calidad vale hoy Bs. 64,00 y Bs. 6,00 su renovación y como dura escasamente un año, el gasto anual por durmiente renovado es de Bs. 70,00. Si en vez de un durmiente barato se emplea uno de calidad escogida podrá llegar

a valer hoy hasta Bs. 150,00 y Bs. 156,00 colocado; pero este durmiente durará por lo menos diez años, de modo que el costo anual bajará a Bs. 15,60, a lo que hay que agregar la mayor seguridad en la vía, el menor desgaste y deterioro del equipo y el mayor tiempo disponible que tendrá el personal de conservación para reparar los desperfectos que ocasiona el tráfico de trenes. Luego para hacer una economía efectiva en la Conservación de la Vía permanente deberá emplearse en la renovación durmientes de madera de alta calidad o estudiar sustitutos que lo reemplacen con ventaja, según las condiciones del suelo. En terrenos salitrosos, por ejemplo, el durmiente de acero se destruye fácilmente y entre los de cemento armado, parece que han dado resultado satisfactorio los formados por un riel usado e invertido, con fijadores y sección estrecha al centro que evite el movimiento lateral de la vía.

Balasto.—La renovación del balasto es otra partida fuerte en el presupuesto de la Conservación de Vía, pero es un factor muy importante para mantener en las debidas condiciones de seguridad y rodado, y de su calidad depende mucho la duración del durmiente.

Cruces entre ferrocarriles, caminos, etc.—El Art. 36 de la Ley General de Ferrocarriles prescribe que toda vía férrea puede ser cruzada por otra o por caminos o canales, con tal de que no interrumpan el servicio regular de los trenes, ni perjudiquen la solidez de la vía. Estos cruces que pueden ser superiores, inferiores o a nivel, constituyen siempre una servidumbre que debe ser evitada o reducida a su mínimo en el estudio y trazado de la vía férrea, en previsión del aumento del tráfico del ferrocarril y del de los caminos por el desarrollo natural de las comarcas que va a servir la vía. A pesar de la autorización legal, una empresa debe oponerse a cruces nuevos y permitir sólo aquellos indispensables y que no tengan otra solución.

Aunque de un costo inicial a veces subido, deben preferirse para las vías férreas y caminos los cruces superior e inferior, siempre que lo permitan las condiciones topográficas del terreno, porque con ellos casi se anulan los peligros y los gastos de mantenimiento no se aumentan en la misma proporción que el tráfico. Para conductos de agua, los cruces son generalmente inferiores y muy rara vez superiores. Los cruces de cables para corriente eléctrica, si no son subterráneos, deben hacerse a una altura mínima de 7 metros sobre el riel y colocarse bajo ellos una red apropiada que aleje todo peligro al tráfico de trenes.

Lo general es que los cruces a una vía férrea se hagan a nivel.

Las condiciones técnicas de los cruces o pasajes a nivel son:

a) El ángulo de cruzamiento no debe ser menor de 45° y con radio mínimo de 50 metros para las curvas de carreteras. Si es entre vías férreas, el relleno entre terraplenes se hará sin bombeo, y si con una carretera, ésta debe ser empedrada o asfaltada en una longitud tal, que un vehículo tome el nivel 3 metros antes de cruzar la vía y ésta debe protegerse en forma que las bestias de tiro no puedan aprisionar los cascos entre los guardarrieles o los peatones los tacos de sus zapatos.

b) Los cruces a nivel deben estar bien marcados por señales bien visibles y a una distancia adecuada a la vía.

En los cruces a nivel se distinguen tres clases:

Cruces con barreras.—Vigiladas y movidas por guardabarreras, al que debe proveerse de una garita o alojamiento apropiado. El mantenimiento de estos cruces al principio es liviano y el trabajo del guarda se reduce a la atención de una o dos veces al día, al paso de los trenes, pero esta atención va en aumento en la misma proporción que el tráfico de trenes y el desarrollo de la región y puede llegar a hacerse permanente y aún nocturno, lo que obligaría a un personal doble.

Si el cruce es entre dos vías férreas, la atención del guardabarrera debe ser permanente y se impone la instalación de un teléfono en su garita, para que a tiempo pueda conocer el paso de un tren expreso o de un autocarril fuera de itinerario y evitar accidentes. En esta clase de cruces su mantenimiento es costoso y puede llegar a ser un grave obstáculo para la confección de los itinerarios de las empresas, aunque sean provistos de alarmas o prevenciones automáticas, acústicas y ópticas. En un cruce importante, el personal debe ser muy escogido, porque una falla de él puede causar accidentes.

Cruces con barreras maniobradas a distancia.—Esto sólo puede tener lugar cuando los cruces son numerosos y muy próximos y es aplicado generalmente a vías secundarias; tienen todos los inconvenientes de los anteriores a los que se agregan la complicación de las maniobras.

Cruces libres.—En estos no existe barrera alguna que atender, son en consecuencia los más baratos; pero al mismo tiempo, los más peligrosos y en alguna vía se han multiplicado sin consideración alguna.

En estos cruces deben seguirse las condiciones técnicas a) y b) anotadas anteriormente, aplicables al cruce de carreteras y, además, agregarse una campana automática para prevenir accidentes. Los cruces a nivel libres, para carreteras no deberán establecerse sino en puntos donde la visibilidad para el maquinista es mayor de 120 metros, para trenes de una velocidad máxima de 30 kilómetros por hora y de 300 metros, cuando esta velocidad llega hasta 60 kilómetros por hora.

INFORME DEL RELATOR

Se trata de un trabajo de carácter informativo sobre la modalidad del F. C. Cochabamba-Santa Cruz, según se indica en el mismo.

A propósito del mismo se hacen varias consideraciones de orden general en aplicación en todos los Ferrocarriles.

A juicio del suscrito correspondería agradecer a la Administración nombrada el envío de sus informaciones.

INFLUENCIA DEL TRAZADO EN LA ECONOMIA DE EXPLOTACION EN LOS FERROCARRILES DE MONTAÑA

Por el F. C. COCHABAMBA-SANTA CRUZ

El ferrocarril de montaña se construye en terrenos muy escarpados, donde es necesario vencer grandes dificultades topográficas. Con muy pocas excepciones, la mayoría de los ferrocarriles en Bolivia pertenecen

a este tipo y es por eso que tiene importancia el análisis de las normas en vigencia.

Las características principales de estos ferrocarriles son: curvas mínimas de 75 ms. de radio, gradiente máxima de 3% compensada en las curvas, recta mínima entre curva y contra curva 10 m.

Estas tres características deben considerarse con relación al gasto de tracción, el desgaste del material y la conservación de la infraestructura, para ver si es conveniente mantenerlas o reformarlas.

1. *Tracción.*—Tomando como base el costo de una tonelada kilómetro arrastrada en un tramo recto, el costo de tracción es mayor cuanto mayor sea la gradiente. La curvatura de la línea es compensada en términos de resistencia al arrastre, es decir, que la resistencia opuesta por la curva se compensa reduciendo la gradiente de acuerdo a la resistencia opuesta por la curva.

Lógicamente, cuanto mayor sea la gradiente, será también menor la capacidad de arrastre de una locomotora, haciendo que el gasto de combustible, personal del tren y los gastos fijos, serán repartidos en un menor tonelaje arrastrado y por consiguiente elevando las tarifas y evitando el intercambio de productos que no den una apreciable utilidad que pueda soportar tarifas elevadas.

El esfuerzo de tracción que efectúa la locomotora al pasar de una curva en un sentido a otra en sentido contrario, es absorbido en parte por la resistencia que ofrecen los rieles al convoy que trata de enderezar las curvas para tomar la recta de menor resistencia.

Estas dos fuerzas principales que debe vencer la locomotora consumen un apreciable porcentaje de la fuerza de tracción.

No es raro encontrar lugares en que los tramos en curva y contracurva conectados con recta de 10 m. limitan la capacidad de arrastre de las locomotoras y además el largo del convoy.

El largo del convoy debe ser también reducido, debido a la recta excesivamente corta, pues en caso contrario existe el peligro de descarrilamiento.

2. *Desgaste del material.*—Al contrario de lo expuesto anteriormente, la gradiente tiene poca influencia en el desgaste del material rodante y rieles; en cambio, la curvatura es de capital importancia en este aspecto.

Es necesario indicar que la fricción entre la pestaña de la rueda y el riel es de tal intensidad, en curvas de radio pequeño, 75 m. por ejemplo, que a velocidades mayores de 30 km. por hora, especialmente en bajadas, la fricción llega a sacar virutas del riel o de la pestaña, obligando a frecuentes cambios de pestañas en las ruedas y reduciendo apreciablemente la utilidad de los rieles.

3. *Conservación de la infraestructura.*—En este aspecto, como en el anterior, la curvatura es de capital importancia para la conservación del balasto y la alineación de la línea.

La componente normal en las curvas produce un deslizamiento de la línea que modifica la curvatura, cambiando las características de la línea y desplazando el balasto.

La reposición del balasto y la rectificación de la línea, necesitan

cuadrillas de conservación permanentes y numerosas, lo que también encarece la explotación.

Conclusiones.—Del somero análisis que precede se desprende que si bien las características actuales en el estudio y construcción de los ferrocarriles de montaña en Bolivia, son las más apropiadas para abaratar el costo de construcción, es necesario modificarlas para evitar que la línea en explotación sea antieconómica.

Modificando las características actuales se podría conseguir ferrocarriles de montaña que por lo menos cubran sus gastos de explotación, sin recibir subvenciones del Estado y que al mismo tiempo tengan tarifas que permitan el intercambio de productos de primera necesidad sin redundar en perjuicio del consumidor.

Para conseguir esto deben modificarse las características de los ferrocarriles de montaña en la siguiente forma: curva mínima radio 100 m. en vez de 75. Gradiente máxima, 2.50% en vez de 3 y recta mínima entre curva y contracurva 30 m.

INFORME DEL RELATOR

Se trata de un trabajo en el que se considera la modalidad de este Ferrocarril, según se indica en el mismo.

Las consideraciones de orden general que se hacen en el mismo, sería del caso tomarlas en cuenta en relación con todos los elementos que intrvienen en el aspecto total de la construcción de un ferrocarril.

A juicio del suscrito correspondería agradecer a la Administración nombrada el envío de sus informaciones.

RESOLUCION DEL CONGRESO PARA LOS TRABAJOS 32 Y 32a

Por tratarse de informaciones de sumo interés, se acuerda su publicación en las Memorias del Congreso.

TEMA 4

ACOPIO DE AGUAS PLUVIALES PARA LOS SERVICIOS FERROVIARIOS.

AUTOR: *Técnico Vial FEDERICO E. TORRES.*
RELATOR: *Ingeniero VICTOR DE ANGELI.*

41.

El consumo de agua por los diversos servicios ferroviarios es mínimo cuando el remolque se efectúa en ramales electrificados o con máquinas Diesel, pero aumenta considerablemente si la tracción se realiza con locomotoras a vapor con combustible sólido o líquido. Pues además del consumo en servicio, que se estima como mínimo en 200 $m.^3$ por 1.000 km. de recorrido, se requiere una cantidad apreciable para el lavado, reparación y prueba hidráulica de calderas y consumo del personal dedicado a sus tareas. Es para casos como éste que los servicios necesitan reservas de agua distribuídas racionalmente, en la línea o ramales en explotación.

Las situaciones que en la práctica se presentan son en algunos casos adversas y el problema del abastecimiento de agua aparece con tal carácter cuando el líquido no es apto para calderas o la cantidad obtenido no cubre la demanda. Situación ésta por demás crítica, por cuanto las calderas deben lavarse con mayor frecuencia cuando el agua no es apta.

Se infiere fácilmente los inconvenientes de todo orden que la explotación de las líneas o ramales debe afrontar; éstos se subsanan, en parte, con una mayor erogación, instalando plantas para el mejoramiento del agua o transportándola, requiriendo esto último depósitos o cisternas que permitan trasegar rápidamente el agua.

Los dispositivos que se adoptan para obtener el agua son función de la topografía del lugar, naturaleza edafológica y geológica, condiciones meteorológicas, etc., y como resultante de esos factores cabe distinguir: aguas subterráneas, fluviales, lacustres y pluviales. Las primeras se extraen por bombeo, excepcionalmente se obtienen pozos surgentes, o se recogen en galerías de captación; las fluviales y lacustres requieren a veces cañerías extensas y cámaras de decantación o de filtración o ambas y las aguas pluviales, origen de las anteriores, se recogen aprovechando las superficies impermeables de las instalaciones fijas y las condiciones favorables de los terrenos adyacentes.

Las obras para el acopio de agua son de distintos materiales, formas, dimensiones y ubicación, tales como depósitos elevados, cisternas, aljibes y represas; y los dispositivos para proveer de agua a los trenes son los hidrantes con extremos flexibles, articulados y telescópicos y como instalación especial las cunetas o canales Rambsbotton para abastecer de agua a trenes en marcha.

La obra citada en último término, represas, es característica en zonas donde el agua es escasa y la forma de las mismas, ubicación, dimensiones, elementos de ejecución utilizados, etc., es función de las necesidades que deben satisfacer, en calidad y cantidad, las aguas receptadas.

Un caso particular es el de la obra cuyas referencias, características, estudio, proyecto y ejecución se consignan a continuación.

Referencias.

En la localidad de General Pinedo, Territorio del Chaco, se ejecutó en 1944-45 el revestimiento con mortero suelo-cemento de una represa, propiedad de los Ferrocarriles del Estado, a efectos de receptar aguas pluviales, recogidas por una red de cunetas, para ser utilizadas por los servicios de Explotación. Esta obra complementaria de la línea en construcción de Tostado, Provincia de Santa Fe, a General Pinedo, de 215 km. de desarrollo y con rumbo norte aproximadamente, reportará grandes beneficios a los ramales que allí convergen. Por sus dimensiones es de las más importantes ejecutadas por el Ferrocarril y por el tipo de revestimiento es en su género único en el orbe.

La zona por donde se desarrolla la línea citada es una planicie cuyo único accidente topográfico lo constituye el «Bajo de los Saladillos», de aproximadamente 30 km. de ancho y con suave declive, de oeste a este, transversal a la vía.

Este sector se caracteriza por la abundancia y tamaño de los «tacurú», por la proximidad y abundancia de aguas subterráneas salobres, por su vegetación halófila y por la eflorescencia de sales que vulgarmente se denominan «salitre» y «salitre negro», esto último acusa predominio de carbonato de sodio.

De lo anterior se infiere la falta de agua potable o por lo menos utilizable para máquinas en esta línea cuyo trazado no era conveniente desplazar por cuanto las condiciones mencionadas se mantienen en una amplia zona a derecha e izquierda y porque su trazado debía satisfacer la condición de reducir recorridos para trenes de y para Santa Fe hacia el norte y noreste.

Las precipitaciones importantes se producen en el estío y acrecen de sud a norte, registrándose en General Pinedo un promedio de 900 mm. anuales.

Provisión de agua.

Las estaciones Tostado y General Pinedo requieren un volumen considerable, pues además del gasto para las instalaciones, tales como galpón para locomotoras, lavado de jaulas, edificio para pasajeros y para personal deben satisfacer las necesidades de las estaciones intermedias y de los servicios de trenes que circulan por las líneas principales: C (Laguna Paiva-Tostado-Añatuya) y C.3 (Añatuya-General Pinedo-Presidencia R. Sáenz Peña) respectivamente. En muchas oportunidades se satisfacen también las apremiantes necesidades de la población o parte de ella.

Se procede al abastecimiento de agua de la estación Tostado trans-

portándola en vagones tanques de 22 ó 23 m.[3] de capacidad desde San Justo y Desvío Bomba km. 312 (Laguna La Verde) que distan 229 y 25 km. respectivamente. Las aguas pluviales se recogen aprovechando los techos de las instalaciones y se acopian en aljibes reservándose en general esta agua para uso personal.

En General Pinedo el agua se obtiene de dos pozos, de 5 m. de diámetro, comunicados entre sí, ubicados dentro de la zona vía en una ligera depresión del terreno distante 100 m. del cuadro de la antigua estación. La calidad de la misma es mala y la cantidad reducida, por lo que se debe transportar agua desde Resistencia, Napalpí y Sáenz Peña que distan 288, 156 y 123 km. respectivamente, para cubrir la demanda. Respecto al uso de las aguas pluviales acopiadas en General Pinedo y el resto de la línea o ramal cabe decir lo mismo que para Tostado.

Los edificios de pasajeros y viviendas para personal de toda la línea poseen aljibes que además de las cañerías comunes de conducción tienen cañerías y cámaras ad-hoc próximas a la vía principal que permiten abastecer a aquellos de agua transportada en tanques.

Como se infiere es summente oneroso el abastecimiento de agua para las necesidades del ramal, con el agravante que significa distraer material rodante y locomotoras para satisfacer esas necesidades y además porque cada tanque para agua elimina en la formación del tren un vagón de carga útil tan solicitado por los cargadores particulares y oficiales.

ESTUDIO

Planteado el problema en esta forma cupo al jefe de la línea en construcción de Tostado a General Pinedo, Ingº Carlos M. Balbi, la iniciativa de resolverlo y con el apoyo decidido de la Jefatura de la División Construcciones, se inician los estudios tendientes a solucionar los graves inconvenientes mencionados en los párrafos anteriores. A sus efectos fuí designado e inicié los trabajos preliminares en General Pinedo en junio de 1943.

Se debía estudiar el tipo de revestimiento de la represa que se estaba excavando en predios propiedad del Ferrocarril situados al este de la nueva playa estación General Pinedo, a efectos de receptar en ella aguas pluviales. Cabe informar que esa excavación, préstamo o represa, como la designaremos, fué iniciada con el objeto de obtener la tierra necesaria para levantar la nueva playa, rellenar préstamos existentes y formar el terraplén de la vía 2ª entre ambas playas, trabajos éstos que se estimó requerirían aproximadamente 90.000 m.[3] de tierra.

Las alternativas respecto al tipo de revestimiento de la excavación citada, eran: hormigón armado, hormigón simple, suelo-material bituminoso y suelo-cemento.

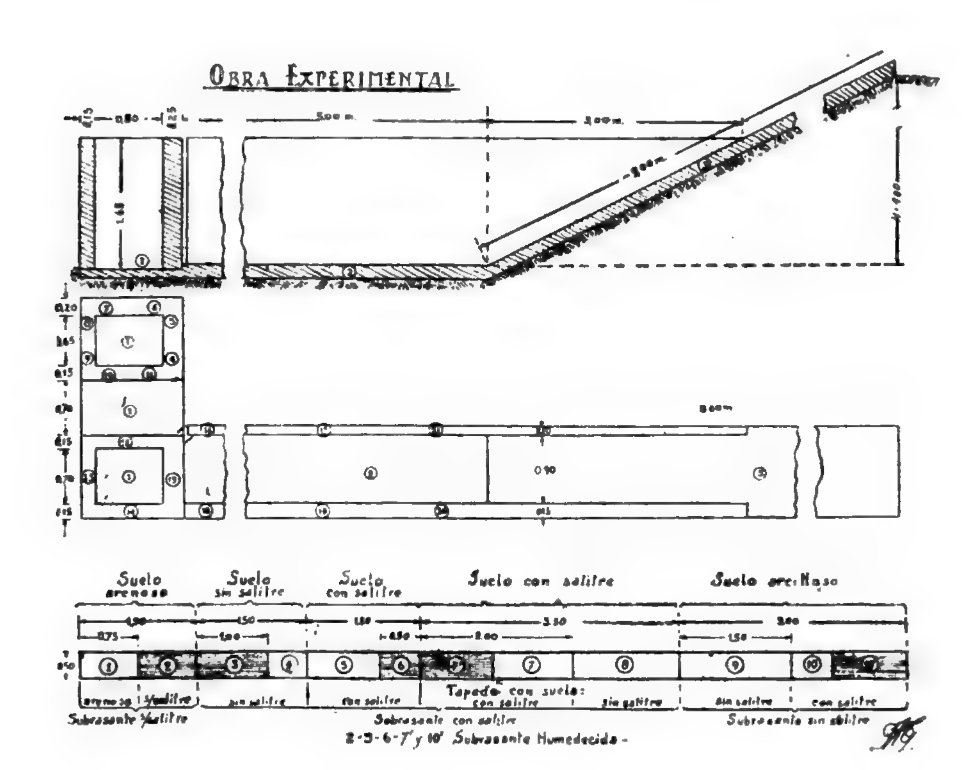
Eliminado el primero por la escasez y carestía del hierro y por lo que se dice para el hormigón simple, éste por el valor elevado que en concepto de fletes de los inertes debía pagarse, el tercero por el costo del material bituminoso que debía ser de superior calidad, quedando el suelo-cemento como solución factible económicamente a pesar del cos-

to elevado del cemento que había aumentado más del 50% de su valor normal. La aceptación de este tipo de revestimiento exigía la realización de ensayos y trabajos, en gabinete y en el terreno, que certificaran teórica, técnica y prácticamente la bondad del mortero suelo-cemento frente a la inversión a realizar. Con este propósito se ejecutaron diversos trabajos experimentales arribando a comprobaciones muy interesantes.

Los trabajos de gabinete los realicé en General Pinedo con los elementos del Laboratorio de Campaña para suelos, que he conseguido formar, y otros facilitados por nuestro Laboratorio de Ensayo de Materiales cuya colaboración cabe destacar.

Las determinaciones efectuadas según la moderna técnica edafológica fueron: límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, equivalente humedad de campaña, contracción, peso específico, ph., humedad óptima por el ensayo Proctor, análisis mecánico de campaña, porcentaje de cemento, etc.

En campaña se realizaban contemporáneamente los trabajos cuyos ensayos someramente se describen, adjuntándose una documentación gráfica de las mismas cuya descripción se hace a continuación.

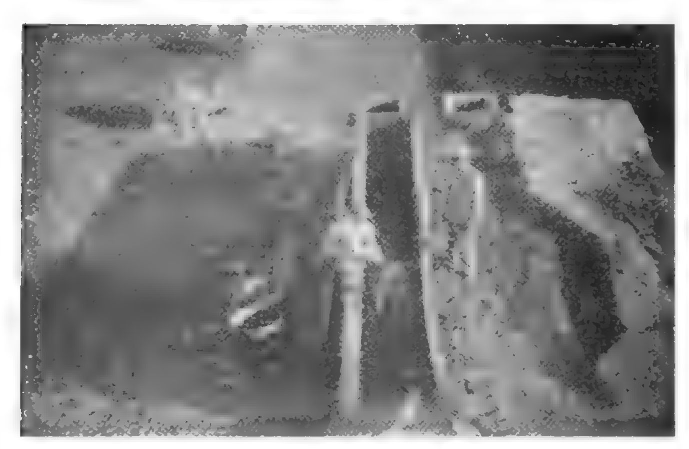


E N S A Y O S

Llamará la atención la forma rudimentaria de efectuar los mismos, obedeciendo esta manera de realizarlos a la premura en obtener resultados que, aunque groseros, reflejaran algunas características del mortero suelo-cemento.



Fotografía I. - Vista de las dos cubas o cajones terminados y parte de las paredes en ejecución. Los números corresponden a secciones ejecutadas con distintos porcentajes de agua; de cemento, materiales cementantes, inertes hidrófugos; pisones de pesas y formas diversas, etc.



Fotografía II. - Llenado de la pileta. A las secciones 6 a 9 se les ha retirado la tierra que sirvió de encofrado exterior.

Ensayo de adherencia. Hierro - suelo-cemento.

Hierro ∅ 5 mm., naturalmente oxidado, colocado sin dobladuras ni gancho, en un paralelelpípedo, de 0,13 m. de alto por 0,10 m. de ancho y 0,14 m. de largo, de mortero suelo-cemento (20%) apisonado

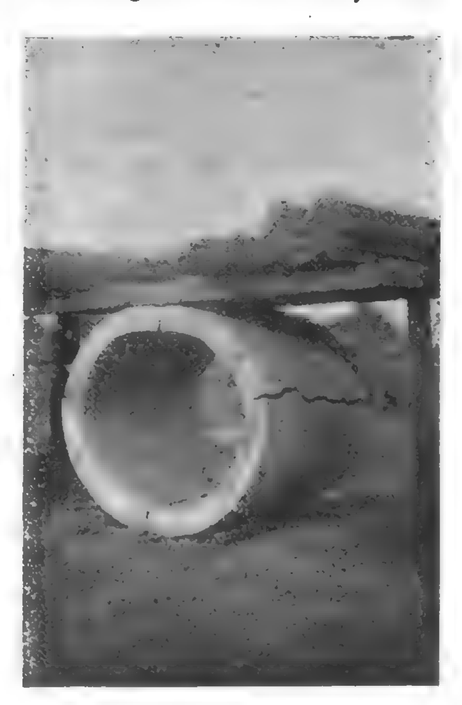
en dos capas de 6,5 cm. de espesor compactado. Se ensayó la probeta a los 67 días de ejecutada. Se lo cargó en la forma que se observa en la foto III, con 142 kg., permaneciendo así 16 horas. Cumplidas éstas se elevó la carga, agregando más ejes decauville, hasta 292 k. en 14 minutos. A partir de ese instante comenzó a deslizarse la varilla de 5 mm. de diámetro.

Ensayo de rotura de un caño de 0,50 m. de diámetro por 0,50 m. de longitud.

Caño de mortero suelo-cemento (15%) ejecutado en molde o encofrado común para fabricar caños de hormigón. Para dar mayor solidez a los caños se colocaron cada 0,12 m. anillos de alambre para enfardar y en el sentido de la generatriz recortes de hierro de 5 mm. de diámetro por 0,25 m. de largo aproximadamente, que se instroducían en las partes recientemente compactadas golpeando con pisones de hierro. Se construyeron dos caños identificados con las letras *A* y *B* por estar integrados por secciones de materiales distintos como se explica más adelante. Ambos caños, después de desencofrados, fueron sometidos a un tratamiento rudo al trasladarlos primero sobre chassis decauville y luego llevados rodando más de 150 m., a pesar de lo cual no sufrieron deterioro alguno.



Fotografía III - Bandeja de carga con 142 kgs.



Fotografía IV - Carga de rotura 320 kgs.

Luego de comprobada la impermeabilidad del caño *A* se lo cortó a 0,50 m. para realizar el ensayo de rotura del mismo. Edad del caño a la fecha del ensayo, 60 días, aplicándose la carga en la forma más desfavorable, como puede apreciarse en la foto IV.

Se llegó a 120 kg. de carga en un minuto sin novedad, por lo que se aumentó aquella hasta 320 kg., con la que se produjo la rotura a los 6 minutos de iniciado el ensayo.

Ensayo de resistencia a la compresión, por percusión.

Este ensayo semejante al Brinel para los metales, se realiza dejando caer desde 1 m. de altura una esfera de 78 mm. de diámetro y 1,600 kg. de peso, midiendo el diámetro de la impresión producida. Con el valor de este diámetro se ve en un ábaco especialmente calculado la resistencia en kg/c.m.^{2}

En todas las probetas, pisos, paredes, etc., ensayados a los 7 días, la resistencia fué superior a los 25 kg/cm.^{2} y las piezas recién ejecutadas acusaron resistencias promedio de 3 kg/cm.^{2}.

Ensayo de impermeabilidad.

Los caños de diámetro interior de 0,50 m. por 1 m. de longitud, fueron especialmente ejecutados para verificar la impermeabilidad, para lo cual se le sellaba un extremo con mortero de cemento y arena, cargándolos luego con agua limpia y potable.

En el caño *A* se observó un taponamiento perfecto, ejecutado con mortero suelo-cemento (15%) agregando al mortero para medio caño, según la generatriz, hidrófugo «Iguazú» incorporado al agua en la relación 1:10 y al material para la otra mitad se agregó «Plastiment» en la proporción 1% en peso respecto al cemento. Una parte de este caño se sometió a la rotura.

El caño *B*, con el 10% de cemento, se ejecutó con suelo limo-arcilloso y con suelo limo-arenoso por mitades, según la generatriz, a los que se incorporó hidrófugo al mortero de la parte inferior solamente, comprobándose como es lógico, que la impermeabilidad es mayor del lado del suelo limo-arcilloso.

En las cubas o cajones y pileta, con paredes de distintos espesores y porcentajes de agua o cemento, con «Plastiment» o sin él, con hidrófugo o sin él, compactados con distintos pisones por su forma y peso, etc., la impermeabilidad también resultó satisfactoria.

Ensayo de frenaje.

Sobre una franja de espesor compactado de 0,05 m. de espesor y de 0,50 m. de ancho por 11 m. de largo construída con mortero suelo-cemento (10%) en el fondo represa e integrada por suelos diversos y curados en distinta forma, como se indica en el croquis, se hizo correr varias veces y frenar violentamente un coche sedán Ford V8, no ocasionando rotura alguna, notándose mucha adherencia tanto de las ruedas delanteras con rodado común como de las posteriores con rodado tipo «pantaneras».

Acabado superficial.

Este consiste en una «lechada» de cemento aplicada sobre las losas, que ofrece las siguientes ventajas: ayuda al curado del mortero suelo-cemento; impermeabiliza el mismo; reduce la absorción de calor debido al color claro que presenta —esto es importante para este tipo de obra—, mejora el aspecto de la misma, etc. La aplicación de este acabado puede efectuarse a mano o por medios mecánicos. En esta última forma se ejecutó en los taludes de la obra motivo de este estudio.

Defensa de la estructura de la acción del «salitre».

Debo aclarar que el término «salitre» se aplica a eflorescencia de sales diversas sin distingo cualiativo de las mismas. La acción de estas sales es sumamente perniciosa para toda clase de estructura, razón por la que se adoptó el empleo de emulsiones asfálticas para proteger el mortero suelo-cemento en los lugares donde aquel aparecía.

Preparada la sub-rasante del piso o taludes se pulverizó la emulsión e inmediatamente de «rota» la misma se colocaba y apisonaba el mortero, obteniéndose una protección eficaz.

Curado.

La influencia del curado en estructuras de las que forma parte el cemento portland es indiscutible, motivos por los que se ensayaron todos los medios para efectuarlo, adoptándose en definitiva el papel impermeable tipo Sisalkraft, Kreg-O-Sil o similares. Elemento este aunque de costo inicial elevado ofrece ventajas tales como: permite el curado de paredes y taludes; liviano para el manipuleo, lo que ahorra energía y tiempo para su colocación y remoción; puede utilizarse 10 veces por lo menos en condiciones normales de trabajo; la economía de agua para curado es considerable y debe esto tenerse presente donde la evaporación es grande y el agua escasa; la obra queda perfectamente limpia economizando esto mano de obra; paga poco flete por ser liviano —el rollo de 140 m.^{2} pesa 43 k.—; permite el paso de vehículos con rodado neumático; es un elemento valioso para proteger mortero seco, suelo seco y estibas de bolsas de cemento, etc.

Agua.

Las determinaciones que declararon apta el agua para utilizar en morteros o mezclas donde intervenga el cemento portland las efectuó el Laboratorio de Ensayo de Materiales. En campaña sólo se verificaba periódicamente el grado de dureza.

Varios.

También se estudiaron elementos de plantel y equipo, disposición del obrador, posibilidades de obtener agua apta y en cantidad suficiente, etc. ,que permitieron formular el proyecto.

PROYECTO

Los resultados de los trabajos de gabinete y los ensayos realizados en el terreno permitieron elevar un proyecto para el revestimiento de la represa que mereció la aprobación de la Jefatura de la División Construcciones.

El proyecto establecía el revestimiento de la represa ya excavada, cuyo perímetro de 100×250 m. se elevaría a efectos de que el agua entrara solamente por los canales obteniéndose así una profundidad de 4,20 m., taludes de 2:1 a 1,5:1 y rampa de acceso con pendiente del 4%, con mortero suelo-cemento de 0,10 m. de espesor compactado con el 12% de cemento portland como máximo. Resultando una superficie de poco menos de 26.000 m.^{2} y una capacidad de 93.000 m.^{3}.

Canales y cunetas recolectoras de suave pendiente con un desarrollo de 9 km. con las respectivas obras de arte, alcantarillas y tajeas, en número de diez.

Defensas de cercos vivos, de altura escalonada, con variedades forestales de rápido desarrollo a ubicar en el cuadrante norte, que es el del viento dominante.

Autorizándose una partida de $ 140.000 para obra de mano, adquisición de plantel y equipo y materiales, fletes, sueldos, gastos varios, etcétera.

La obra se ejecutaría por Administración, estableciéndose un plazo de 6 meses para la terminación de la misma con condiciones meteorológicas favorables.

Los valores citados dan una idea de la magnitud de la obra que indudablemente es la mayor ejecutada con este tipo de material.

Los materiales a utilizar serían cemento portland aprobado y suelo de la misma excavación que resultó ser limo arcilloso, A_{4-7}, según análisis mecánico y constantes físicas.

Se previó la refección taludes que se hallaban bastante erosionados. Cabía distinguir, respecto a la dificultad de ejecución, taludes y piso, incluyendo en éste a la rampa, y el trabajo se iniciaría por el talud 1. El piso tendría una suave pendiente hacia este talud. Antes de terminar la excavación se distribuyó próximo a los taludes 1, 2 y 3, tierra apta y en la cantidad que se estimó necesaria para el trabajo de la cuadrilla que trabajaría desde el borde superior de la represa.

Las losas de los taludes tendrían 1,50 m. de ancho, terminando superiormente en una solera de 0,25 m. de ancho e inferiormente en una viga de 0,20 m. de ancho (por ser 0,25 m. el ancho de la pala ancha y 0,05 m. el espesor del molde) por 0,15 m. de alto.

El piso tendría losas de 3 m. de ancho. Las losas intersección de dos taludes tendrían vigas de refuerzo en coincidencia con la arista formada por los planos de los taludes. Todas las losas llevarían machimbre. Se efectuaría un acabado superficial con maquinaria ad-hoc denominda «Cement Gun». El mojado del mortero se efectuaría con regaderas y atomizadores. Para desmenuzar el suelo removido del piso y homogeneizar el mortero seco, se utilizaría, además de los elementos comunes, una máquina tipo cortadora de césped marca Toro de 3HP a la que se sustituirían las cuchillas por brazos especiales fijados al eje.

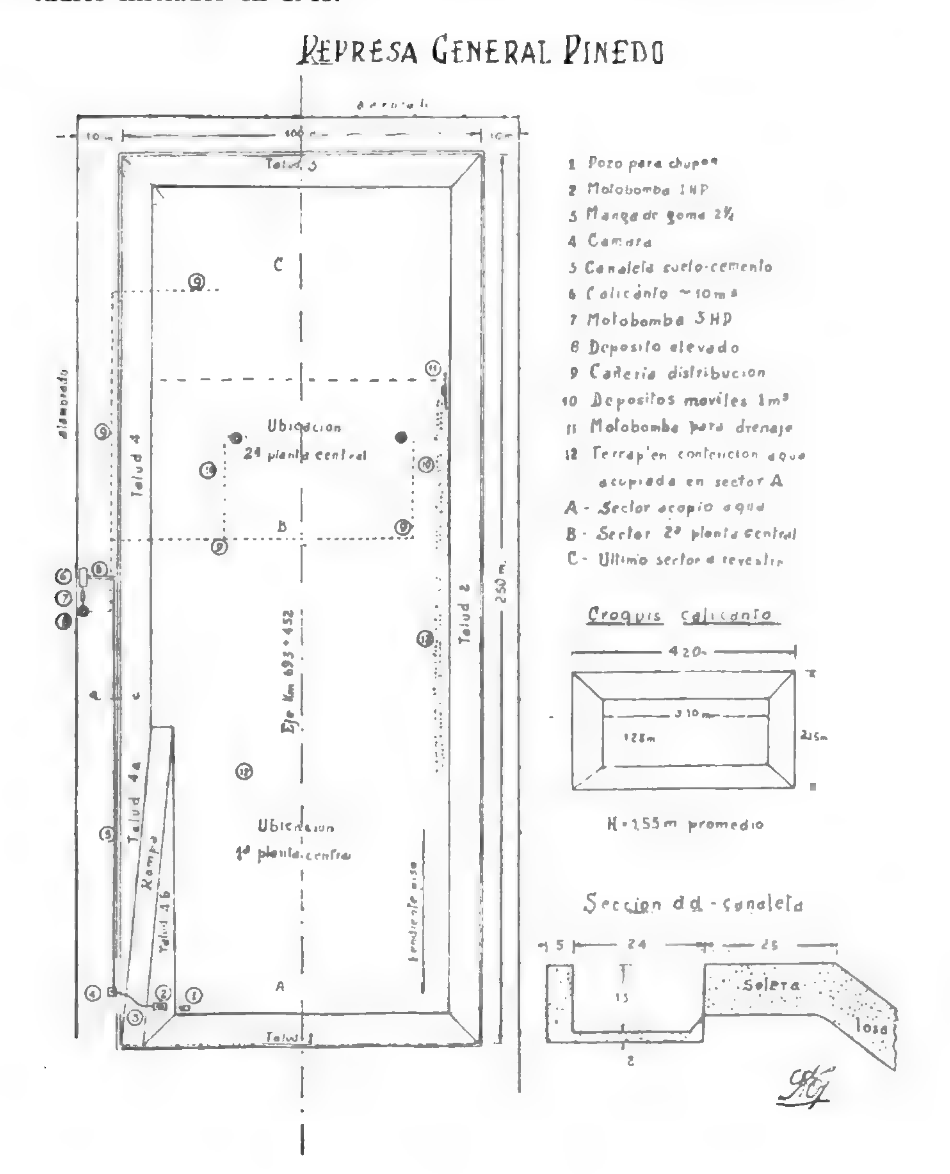
El curado se efectuaría con papeles impermeables tipo Sisalkraft o similares.

En los lugares donde se notara eflorescencia de sales se aplicaría emulsión asfáltica Y.P.F. tipo E.R.

Los trabajos se ejecutarían por Administración.

CONSTRUCCION

Es esta etapa la culminación de los trabajos experimentales y estudios iniciados en 1943.



TALUDES

A poco de iniciado el trabajo la organización se fué perfeccionando tan rápidamente que a menos de 50 m. del punto de partida aquella ya no admitía mejoras. Esto fué debido a la colaboración general y rápida comprensión del personal obrero, que es justo destacar por tratarse de un trabajo no ejecutado anteriormente.

Subdividiéndose la cuadrilla en agrupaciones o pequeñas cuadrillas, con funciones bien definidas cada una de ellas, estando todo el personal a las órdenes de un capataz general y un ayudante, que previamente habían sido preparados por el suscripto en el desarrollo de la técnica a seguir.

Las agrupaciones se citan a continuación.

1) *Cuadrilla refección taludes:* La refección taludes se impuso por estar aquellos muy erosionados y por no presentar un solo plano en toda su extensión debido a que la excavación fué ejecutada para obtener tierra para otros fines. Estaba integrada por 10 hombres.

2) *Cuadrilla de colocación y remoción moldes:* A cargo de un peón de 1ª, que controlaba los niveles de los moldes y excavación viga inferior.

Cuadrilla *A*): Atendía la colocación y remoción de los moldes laterales de las losas y de la solera, la formaban 3 obreros.

Cuadrilla *B*): Efectuaba la excavación de la viga inferior y colocación y remoción moldes de la misma, y ubicación escaleras para ser utilizadas por las cuadrillas *C* y *D*. La formaban 4 obreros.

3) *Cuadrilla de zarandeadores:* Debían zarandear la tierra obtenida de la refección taludes y la colocada alrededor de la represa, en los lugares que el encargado de las cuadrillas *C* y *D* de revestimiento les indicara. Llenando los cajones de medida con tierra zarandeada. La integraban 16 obreros.

4) *Cuadrilla servicio de agua:* Formada por 2 obreros que atendían la colocación y remoción cañerías y mangueras con que se llenaban dos depósitos móviles sobre vía decauville y otros depósitos fijos para las necesidades de las cuadrillas de revestimiento. Además atendían la moto-bomba que elevaba el agua desde un calícanto de 10 m.^{3} de capacidad hasta un depósito de 3m.^{3} colocado a 5 m. de altura. Un camión aguatero transportaba agua para el calicanto.

Otro peón distribuía agua para beber a toda la cuadrilla. Total: 3 obreros.

5) *Cuadrillas revestimiento.*

Cuadrilla *C*: Que trabajaba en el borde superior represa, a cargo de un peón de 1ª e integrada por el siguiente personal:

3 distribuidores (*a*, *b* y *c*) de cemento y primer mezclado en seco. *a* y *b* inician el mezclado y *c* comienza a distribuir el cemento en otro cajón de medida. Cuando este primer mezclado está muy adelantado queda solamente *a*, procediendo *b* al acarreo del cemento. Al final de cada jornada este personal hace el recuento y entrega de las bolsas vacías.

2 paleadores, para homogeneizar el mortero seco.

2 mojadores mortero seco con regaderas.
2 paleadores mortero con 1ª mojada.
1 acarreador agua y llenado de regaderas y atomizadores.
2 mojadores con atomizadores para homogeneizar humedad.
2 paleadores mortero con 2ª mojada.
2 paleadores que arrojan dentro de los moldes el mortero húmedo.
2 enrasadores mortero, con regla apoyada sobre los moldes, y apisonadores con pisones de 1"×3" contra los moldes debajo del machimbre del mismo.
2 apisonadores, 1ª compactación, con pisones cilíndricos de ∅ de 0,15 m. especiales para taludes.
2 apisonadores, 2ª compactación y emparejado, con pisones rectangulares de 0,15×0,30 m. para taludes.
1 apisonador solera, con pisones comunes, que debía recortar el exceso de espesor de mortero compactado hasta enrasar con el borde molde solera y laterales losa y numerar losas.

En total son 24 hombres para la cuadrilla *C*.

Cuadrilla *D*: Trabajan en el fondo represa al pie de las losas y está organizada en la misma forma que la anterior, a excepción del apisonador solera de la cuadrilla *C*. Total *D*, 23 hombres.

6) *Cuadrilla reparación y fabricación elementos plantel y equipo.*

1 carpintero y 1 ayudante atendían arreglo de cajones de medida, zarandas, escaleras, moldes, colocación moldura media caña de arco rebajado que formaba el machimbre de las losas, colocación cabos a los pisones, etc. El ayudante atendía además la reparación del papel impermeable para curado de las losas que durante el trabajo o por acción del fuerte viento se averiaba.

Un herrero y 1 ayudante, además de atender trabajos de estas obras, efectuaban la reparación de regaderas y pulverizadores, roscado de caños para servicio de agua, fabricación chapas abrazaderas para pasar los clavos de fijación moldes, fabricación y reparación clavos para fijar moldes, atención material decauville, etc. Total: 4 obreros.

7) *Serenos:* 2, que además de las funciones inherentes al cargo debían vigilar que el viento no volara los papeles impermeables para curado de las losas y los que cubrían los montones de tierra zarandeada y las estibas de cemento cubiertas con papel impermeable y lonas.

Un apuntador atendía el control de personal, entrada e inversión de materiales, etc.

Haciendo un total de 93 hombres.

Respecto al conductor del camión para provisión de agua y carga en general no se lo incluye porque no estaba a servicio exclusivo de la obra.

Es de hacer notar que la organización indicada no es de aplicación general para obras de esta naturaleza, pues en este caso se tenía una profundidad de 4,20 m., importante refección taludes, el alambrado a 10 m. del borde represa y los montones de tierra distribuídos en ese lugar dificultaban la acción de la cuadrilla *C*, etc.

Las losas de los taludes se ejecutaron con el 11,30% de cemento y de 2,25 m. de ancho, con viga y solera de las dimensiones indicadas

en el croquis, se construían alternadas, para lo cual se colocaban los moldes con los machos hacia el centro de la losa, retirados los mismos aquella quedaba con un par de acanaladuras que al construir las losas intermedias formaban machimbre. La numeración del croquis indica el sentido de avance del trabajo, correspondiendo los impares a las losas que se ejecutan primero, que sirven luego de encofrado para las otras.

Las juntas resultan así de «construcción» y con una trabazón que además contribuye a evitar filtraciones.

Respecto al trabajo de las cuadrillas *C* y *D* es el que se describe a continuación: previo mojado de la sub-rasante, la *C* inicia el llenado y compactación de la viga y parte de la losa 1, hasta la mitad de la misma como máximo. Inmediatamente la *D* continúa la losa 1 y la *C* inicia la losa 3, siguiendo siempre con esta ventaja.

Cuando se aproxima ¼ de la jornada la cuadrilla *C* retrocede y comienza con la losa 2, que pocos instantes después continúa la *D*.

Al aproximarse la mitad de la jornada la cuadrilla *C* no moja más mortero y el personal comienza a regar las losas terminadas, coloca el papel para curado, y prepara todo para iniciar el trabajo a la tarde.

A los 10 o más días se procede a la remoción de los papeles para ser utilizados más adelante.

Los trabajos de otra naturaleza como ser: descarga de cemento de vagones a decauville, transporte a 300 m. aprox. y estibado sobre chassis decauville o galpón próximo a la represa; colocación y remoción vías y cambios decauville; remoción rieles, maderas y ladrillos que apretaban el papel impermeable y colocación en lugares de futura utilización; emparejamiento tierra sobrante, en el borde represa, con ligero declive desde la solera hacia el alambrado, etc., se ejecutaban cuando no se podía trabajar en revestimiento debido a las lluvias o se disminuía el ritmo de aquel para realizarlos.

El acabado superficial de los taludes se efectuó dos meses después de terminados los mismos con el equipo «Cement Gun» Nº 1 que consta de tres piezas, a saber: un depósito de agua para alta presión, una «trampa para agua» que retiene la humedad del aire comprimido, y el dispositivo principal que expele el cemento seco que se coloca en las tolvas con cierre hermético.

Un compresor proporciona aire comprimido al equipo citado y un camión aguatero remolca el compresor y carga el cemento necesario. La disposición que se adoptó permitía efectuar el acabado de 145 $m.^2$ sin mover ningún elemento.

En esta fase final del trabajo de los taludes la atención del suscripto fué intensa hasta dejar capacitado al personal que luego prosiguió el trabajo.

Formaban este grupo de personal 6 obreros escogidos, entre los que para esa fecha efectuaban el revestimiento del piso de la represa y un chofer y un ayudante que atendían el camión, el compresor y la parte mecánica del equipo.

En síntesis el trabajo era el siguiente: previo mojado del talud por medio de una manguera fijada al camión aguatero, se proyectaba

el cemento y agua normalmente a aquel, en forma semejante a los trabajos de pintura con soplete, haciendo notar que el cemento es mojado en el instante que sale de un pico especial, lo que permite dejar de trabajar en cualquier momento sin que el cemento se moje. El espesor



Fotografía V - Cuadrilla C) borde superior del talud 4, se observa el ciclo completo de trabajo de esta cuadrilla y dos peones de la cuadrilla D) terminando media losa siguiente, alternada.



Fotografía VI - Vista general del trabajo de las cuadrillas C) y D) y las losas alternadas como se indica en el croquis. Se está trabajando en el talud 4 de 250 m. de longitud.

de la capa de cemento así aplicado oscilaba entre 2 y 4 mm., no efectuándose curado en papeles impermeables por cuanto el trabajo se ejecutaba en las últimas horas de la tarde y se lo mojaba al finalizar la tarea obteniéndose un fragüe aceptable.

Finaliza así el trabajo en los taludes.

PISO

La escuadrilla de refección taludes debía aquí preparar la sub-rasante, luego se procedía a la colocación de los moldes para ejecutar las losas alternadas, como se indica en el croquis, el acabado superficial se ejecutaba a mano e inmediatamente se efectuaba el curado con papeles impermeables.

Las cuadrillas se integraron en la siguiente forma:

1)	*cuadrilla preparación sub-rasante*		8	obreros
2)	» *colocación y remoción moldes*		6	»
3)	» *zarandeadores*		16	»
4)	» *servicio de agua*		3	»
5)	» *revestimiento:*			
	a) en plantel central			
	distribuidores cemento y primer mezclado ...	3		
	paleadores para homogeneizar mortero seco ..	3		
	mojadores con regadera solamente	4		
	paleadores mortero mojado	4		
		14		
	b) en carga transporte y descarga mortero			
	3 equipos con 2 volquetes decauville y 2 hombres cada equipo	6		
	c) en compactación			
	distribuidores, enrasadores y apisonadores ...	6	26	»
6)	*Cuadrilla de acabado superficial:*			
	Se efectuó una lechada de cemento sobre las losas recién terminadas pues la cantidad de polvo que se deposita sobre el piso hubiera requerido un barrido y lavado intenso del mismo para hacerlo a máquina como en los taludes		2	»
7)	*Cuadrilla reparación y fabricación plantel equipo* .		4	»
8)	*serenos*		2	»
	Capataz, ayudante y apuntador		3	»
	Total		70	obreros

Como se observa, la cantidad de personal ha disminuído al organizarse en distinta forma la cuadrilla de revestimiento y además la amplitud de la planta central permitió eliminar los mojadores con pulverizadores, pues efectuada la 1ª mojada con regaderas y paleado, el mortero se dejaba aproximadamente 5 minutos amontonado, luego se cargaba, transportaba y distribuía dentro de los moldes obteniéndose con todo este manipuleo un mortero con humedad adecuada.

Tanto la 1ª como la 2ª planta central se instalaron sobre parte del revestimiento terminado. Obteniéndose la tierra para zarandear de la rampa que de 10 m. de ancho se redujo a 5 m., de los sobrantes

de los taludes, del emparejamiento de la sub-rasante, de reservas ubicadas en la parte sin revestir y del material retenido por las zarandas que se desparramaba en capas de aproximadamente 0,15 m. de espesor, sobre el piso terminado, y se desmenuzaba haciendo pasar el camión con rodado dual; zarandeada nuevamente, el rendimiento fué óptimo.

Procediéndose a ubicar la 2ª planta central a efectos de reducir el recorrido del decauville y porque las lluvias dificultaban el trabajo debido a que el piso ofrecía una suave pendiente hacia el talud 1; a efectos de sacar partido de esta situación se ejecutó un terraplén de contención de 0,50 m. de alto desde la rampa hacia el talud 2 y paralelo a éste hasta el sector *C*, que faltaba revestir, en forma que permitía drenar rápidamente esa zona y la parte revestida *B*, acopiando el agua en *A* para ser utilizada en el mismo revestimiento.

A sus efectos se instaló una pequeña motobomba sobre el talud de la rampa para dar agua al calicanto, adonde se conducía por una canaleta de suelo-cemento adosada a la solera del talud 4 y además daba agua al camión aguatero para otras obras. (Ver croquis.)

Las losas del piso, con un porcentaje menor de cemento, casi 10%, porque la estructura así lo permitió, se ejecutaron de 3 m. de ancho y por el largo comprendido entre vigas de los taludes 2, 4b y 4. Sólo en los últimos 60 m. se ejecutaron losas paralelas al eje longitudinal de la represa.

Se construían losas alternadas porque así se podía hacer tres de ellas sin mover la vía decauville, como puede verse en el croquis, la numeración indica el orden de ejecución.

Las losas de la rampa no ofrecían dificultad para su ejecución por la suave pendiente de la misma, construyéndose dos de 2,25 m. de ancho por todo el largo de la rampa, entre viga y solera de los taludes 4a y 4b.

El revestimiento del piso pudo terminarse en la primera quincena de marzo, pero debido a las precipitaciones, 208 mm. en ese mes, la pequeña fracción de piso de 60×60 m. aprox. que faltaba revestir, se terminó en abril de 1945.

La limpieza del terreno, ejecución canales, acequias y alcantarillas se inició poco después; como a la terminación de estos trabajos ya había pasado la época de las lluvias, recién en el verano 45/46 se podrán receptar aguas pluviales.

Al finalizar el invierno 1945 se efectuó la plantación de variedades forestales adecuadas, distribuídas convenientemente en el cuadrante norte, que es el del viento dominante.

Durante el período constructivo desempeñaba la jefatura de la línea Tostado a General Pinedo el Ingº Emilio Gruer, cuyas directivas contribuyeron a la feliz terminación de la obra, por ello mi reconocimiento, extensivo también a todo el personal que directa o indirectamente intervino en la ejecución de la obra.

Los materiales utilizados en la obra fueron: cemento portland marca Coinor, de Frías, provincia de Santiago del Estero, invirtiéndose 600 tn. en revestimiento; emulsión bituminosa Y.P.F. tipo E.R., para riego

bituminoso y reparación papeles impermeables, se emplearon 200 litros; papel impermeable para curado marca Albiac, fabricado en Rosario, se adquirieron 6.000 m.².

Otros elementos adquiridos fueron: un equipo Cement Gun Nº 1 completo, provisto por la General Electric; seis atomizadores o pulverizadores a mochila de la firma Siam.

Los demás elementos utilizados pertenecían al depósito de materiales de la Construcción Tostado a General Pinedo: compresor Ingersol Rand, motobombas, camiones, material decauville, mangueras, caños hierro galvanizado y accesorios, regaderas, baldes, palas, lonas, carretillas, galponcitos desarmables, zarandas de 1×2 m. y malla de 1 cm.², cajones desarmables para medición de 2.00 × 3.50 × 0.30 m. construídos con maderas 1" × 3" y 1" × 6", escaleras para taludes de madera 1"×3" para largueras y travesaños, pisones comunes para taludes cilíndricos y rectangulares, depósitos para agua cilíndricos varias medidas, moldes, clavos especiales, maderas varias, teodolito, nivel, cintas métricas, herramientas para carpintería y herrería, etc.

La presente monografía tiene por objeto destacar las posibilidades de obtener soluciones económicas para problemas ferroviarios aplicando conceptos y técnicas modernas basados en estudios realizados por hombres de la autoridad científica de Terzaghi, Proctor, Atterberg, Glinka, Demolón, Villar, Hogentogler, Bustos, Valle, Gollan, Casagrande Bouyoucos, Willis, Westergaard y otros tratadistas de igual saber, cuyo dominio de la edafología o ciencia del suelo es indiscutido.

Los recursos que esta ciencia pone al alcance de la técnica constructiva son infinitos y el saberlos aprovechar racionalmente reportará ventajas incuestionables.

La aplicación de este nuevo tecnicismo debe vencer obstáculos como acontece a toda innovación, descubrimiento, etc., en las diversas actividades humanas y para corroborar lo manifestado, citaré algunos casos clásicos: Colón, Gelileo, Pasteur, Einstein, Curie, etc. Sólo la prédica continuada y los hechos después consiguen vencer esos entes adversos a la evolución.

Una contribución valiosa para anular esos inconvenientes es la realización de reuniones o congresos técnicos, que además propenden al establecimiento de un nexo cultural indisoluble entre los pueblos del orbe.

Si el espíritu de estas líneas así fuese interpretado y sirvieran de venero de emulación, mis aspiraciones habrán sido ampliamente colmadas.

INFORME DEL RELATOR

El señor Federico A. Torres, Técnico Vial, co-autor de un trabajo titulado «Edafología Vial, su aplicación en obras ferroviarias» presentado y considerado por el IV Congreso Sudamericano de Ferrocarriles, presenta en esta oportunidad un trabajo titulado «Acopio de Aguas Pluviales para los Servicios Ferroviarios».

En éste se encara y resuelve el problema del almacenamiento y

disponibilidad de agua potable para los distintos servicios, y para los lugares donde práctica o económicamente no se haya podido obtener aquella de mapas subterráneas o de cursos de agua superficiales más o menos próximos.

El autor después de pasar revista a los dispositivos en uso para obtener agua potable teniendo en cuenta las características topográficas, naturaleza edafológica y geológica, condiciones meteorológicas del lugar, etc., se refiere en seguida a las obras necesarias para su almacenamiento consideradas teniendo en cuenta los distintos materiales, formas, dimensiones y ubicación. En el caso particular que presenta, Provisión de Agua Potable a la estación para el servicio de la línea entre las estaciones Tostado (Provincia de Santa Fe) y General Pinedo (Territorio del Chaco) de los Ferrocarriles del Estado, República Argentina, como solución racional y técnicamente más económica a iniciativa del Jefe de la línea en construcción Ing? don Carlos M. Balbi, utilizar una gran depresión del terreno de 4,20 m. de profundidad como represa, con una capacidad de 93.000 $m.^3$, con sus canales y cunetas recolectoras de 9 km. de recorrido. La originalidad de este trabajo estriba en los materiales empleados para el revestimiento de aquel «*bassin*» que se hizo con suelo-cemento, pues por razones económicas fueron descartados el hormigón simple o armado y el material bituminoso. Aceptado el tipo de revestimiento, previos ensayos y trabajos en gabinete y en el terreno, que el autor describe minuciosamente, se dimensionaron las obras y se fijaron las proporciones de los materiales para el «mortero» del suelo-cemento.

Acompaña la comunicación con croquis y fotografías que permiten conocer en detalle las estructuras y seguir el procedimiento de construcción en sus etapas sucesivas, ya que el autor fué quien las dirigió hasta su puesta en servicio.

El espesor del revestimiento en suelo-cemento compactado fué de 0,10 m. para las losas, empleando 12% de cemento portland como máximo. El acabado de las superficies se hizo con «cement gun» de 2 a 4 mm. de espesor.

1º Considero este trabajo digno de ser incluído en las publicaciones del V Congreso Panamericano de Ferrocarriles.

2º Al mismo tiempo me permito proponer que el Congreso adopte una recomendación en el sentido de que, los encargados de los servicios que utilicen construcciones de suelo-cemento recopilen las observaciones que merezca su comportamiento y los datos relacionados con su conservación, deterioros, duración etc.

RESOLUCION DEL CONGRESO

1º Publicar en las Memorias del Congreso, este importante trabajo sobre aplicación de suelo-cemento en depósito para aguas pluviales.

2º Solicitar el envío de información al Comité Permanente, con respecto a las aplicaciones de suelo-cemento, su conservación y duración, a fin de divulgar su conocimiento.

TEMA 4

ESTUDIO SOBRE DURMIENTES DE CONCRETO ARMADO.

AUTOR: *Ingeniero ENRIQUE CARRASCO ACUÑA.*
RELATOR: *Ingeniero VICTOR DE ANGELI.*

51.

CAPITULO I

Desde hace muchos años viene preocupando a los servicios técnicos de las Empresas de Ferrocarriles, el problema del reemplazo de los durmientes de madera por durmientes metálicos y de concreto. Factores económicos han limitado el empleo de durmientes metálicos a los casos estrictamente indispensables e indicados por las condiciones específicas de un ferrocarril dado (cremalleras, etc.). En cambio, ha quedado en suspenso un pronunciamiento definitivo acerca de las bondades e inconvenientes de los durmientes de concreto, ya que si bien hay algunos fracasos, se anotan en cambio halagadores resultados en muchísimas Empresas, faltando solamente convenir cuál es el tipo o los tipos que merecen ser recomendados para la explotación industrial.

Ya en 1922 se enfocaba con este criterio el problema que nos ocupa en el Congreso Internacional de Ferrocarriles verificado en Roma, al aprobarse la recomendación siguiente:

«Es de efectivo interés la continuación de los ensayos realizados»... «Los durmientes de concreto armado constituirán la futura fuente proveedora y reguladora de los precios de los durmientes de madera».

Se tenían a la vista los buenos resultados obtenidos en Francia con las traviesas Vagneaux (dos trozos de concreto unidos por una cruceta metálica similar al llamado tipo 123 italiano) en el F.C. de Alsacia a Lorena, en el Midi Nord, en el F.C. París-Lyon, etc. Asimismo, se apreciaban buenos resultados con 140,000 durmientes tipo Calot (totalmente de concreto armado), similares al tipo F.S. 2323 italiano ensayados en la línea París-Orleans.

Son numerosos los ferrocarriles que han experimentado durmientes de concreto ensayándose 80 tipos diferentes en 13 países, destacándose el esfuerzo realizado por Italia, Francia y EE. UU., no obteniéndose resultados definitivos.

Con este trabajo nos proponemos analizar las causas que atribuímos a los fracasos registrados a fin de explicarnos las razones que no han permitido hasta ahora recomendar abiertamente a ciertos ferrocarriles el uso de durmientes de concreto; aunque tenemos la impresión que la falta de conclusiones definitivas se debe principalmente al relativo interés con que ha sido apreciado el problema de la escasez de

durmientes de madera y, consecuentemente, no ha existido aún verdadera alarma que obligue a un rápido cambio de sistema. Tampoco debe olvidarse que el problema de las altas velocidades de los trenes en EE. UU. y Europa dificulta en cierta forma el reemplazo de durmientes de madera, que por sus múltiples bondades aparecen como irreemplazables, salvo que sea muy difícil la obtención de la madera. Tal ha sido el caso de Inglaterra, que durante la guerra última empleó muchos durmientes de concreto, aunque de tipos antiguos y sin ánimo de sacar conclusiones, sólo para atender la emergencia. Tenemos antecedentes para creer que los resultados satisfactorios obtenidos en ferrocarriles de velocidades moderadas recomiendan seguir con los ensayos para sacar y proponer a otras empresas un criterio definitivo sobre la adopción con ciertas restricciones, de los durmientes de concreto.

Conviene no continuar sin antes repasar las causas más notorios que registra la observación de algunos fracasos anotados en la experimentación con durmientes de concreto en los diversos países. Los más señalados han sido debidos:

1º Al alto costo de fabricación y de conservación.
2º Al deficiente sistema de sujeción del riel al durmiente.
3º A las dificultades para mantener la trocha.
4º A las quebraduras del concreto en la zona de apoyo del riel.
5º A las corrosiones del hierro (concreto mal hecho).
6º A la desintegración del concreto (materiales mal elegidos).
7º A la mala colocación de los durmientes.
8º A los proyectos mal hechos o deficientes.

Decisivo ha sido en esta apreciación el factor primero relativo al precio. Actualmente, a pesar de las dificultades de producción, los durmientes de madera que se obtienen de las dimensiones: 15×20×180, cm.^{3}, cuestan puestos en la Red Norte, alrededor de \$ 45,00 la unidad. En cambio, nuestro durmiente de concreto de 20×20×180, cm.^{3}, cuesta alrededor de \$ 110,00, cifra que deberá bajar próximamente a \$ 80,00 trabajando con hierro de precios de post-guerra (\$ 3,00 el kg. al lado de \$ 5,10, que es el que hemos usado). Se argumenta también en contra del durmiente en cuanto a su fragilidad para el transporte, lo que se evita o disminuye instalando las faenas de producción y fabricación en sitios cercanos a los de colocación.

Se anota por otra parte que los durmientes de concreto chancan o desmenuzan el lastre. Esto se evita usando gravilla o bien lastre fino mezclado con arena. Lo que no es en manera alguna un inconveniente si se considera que los ferrocarriles recomiendan por múltiples razones las innegables bondades del levante calibrado que ya está implantado en la zona Central y Sur de Chile, correspondiéndole en 1946 su turno a la Red Norte. Se dice también que la vía es muy rígida con durmientes de concreto, lo que se hace ostensible al pasar un tren de un tipo de durmiente a otro. Sin embargo, esta falta de elasticidad o exceso de rigidez, carece de importancia, ya que no afecta ni a la seguridad ni a la regularidad de la circulación de los trenes.

En cambio, hay notorias ventajas a favor del durmiente de concreto. Entre ellas podemos señalar las siguientes:

1ª Incombustibilidad.
2ª Inalterabilidad a la acción atmosférica.
3ª Larga vida (calculada como promedio en 20 años).
4ª Posibilidades de reparación de los desperfectos.
5ª Mayor estabilidad evitando grandemente los corrimientos de la vía.

Aparentemente estos factores no tendrán la fuerza para imponer la continuación de los estudios a no mediar el aspecto fundamental del problema, cual es el excesivo costo de la madera, su creciente variación de calidad con motivo de trabajarse para este objeto árboles relativamente nuevos, a causa del progresivo agotamiento de las reservas forestales y madereras de los países.

En Chile este aspecto ha adquirido caracteres graves especialmente en la zona Norte del país, donde no hay posibilidades madereras y donde los durmientes deben llegar a su centro de gravedad de consumo desde una distancia mínima de 1.200 km. de los sitios de producción que, como ya dijimos, van siendo cada vez más escasos. Sobre este particular, es interesante observar la estadística de nuestra referida Red Norte. Así, para una vía que tiene 2.500.000 durmientes colocados, en los últimos 3 años ha sido sólo posible obtener para renovación un promedio de 120.000 durmientes anuales, o sea, el 50% de las necesidades, sin contar el déficit de arrastre de años anteriores. Se comprende, pues, que los durmientes que se van colocando en las condiciones más arriba indicadas, no pueden dar garantía, aún en clima seco, de una duración mayor de 10 años, lo que quiere decir que dentro de 5 años el problema de los durmientes de la Red Norte, será particularmente grave, de no encontrarse a través de estos estudios y experiencias una solución adecuada.

Tal es la razón por qué nuestros ensayos los hayamos enfocado particularmente en los ferrocarriles de trocha de 1 metro donde se presenta la favorable situación de estar limitada la velocidad de los trenes a un promedio de 50 km/hora y el peso de las locomotoras, por el momento a 14 toneladas por eje en atención al difícil trazado de la línea.

Nuestra preocupación por estos problemas datan de algunos años, aunque sólo en 1945 se han abordado con criterio integral. Los estudios empezaron en 1935 en Copiapó con la colocación en plena vía de 200 durmientes tipo Vagneaux proyectados defectuosamente, no obstante lo cual se mantuvieron en condiciones regulares por 10 años, fracasando no a causa del concreto sino por el tipo de sujeción del riel al durmiente consistente en un taco de madera. El proyecto anterior fué corregido y revisado y en 1938 se hizo una segunda prueba en La Serena con 130 durmientes, la mayor parte de los cuales se encuentran colocados en plena vía en el km. 465,100, entre Cerrillos y Coquimbo, en enrieladura tipo P (riel de 25,5 k/m.).

Las siguientes fotografías explican lo antes dicho:





Fotografías 1 y 2 - Durmientes tipo III antiguo, colocados entre Cerrillos y La Serena.





Fotografías 3 y 4 - Vista de la sujeción con taco de madera; puede observarse las maestras con durmientes de madera.

La observación indicó el siguiente resultado después de 8 años:

50% buenos,
30% regulares,
20% malos.

Los malos correspondieron, sin excepción a las maestras y vecinas, observándose que las juntas de los rieles no favorecen un comportamiento resistente a causa de la deficiente sujeción del riel al durmiente. Esto fué más ostensible a causa del corrimiento de los rieles cuando las eclisas llegaron a apoyarse sobre los durmientes; fué necesario, pues, colocar madera en las maestras. Una estadística y observación cuidadosa, nos llevó a las siguientes apreciaciones:



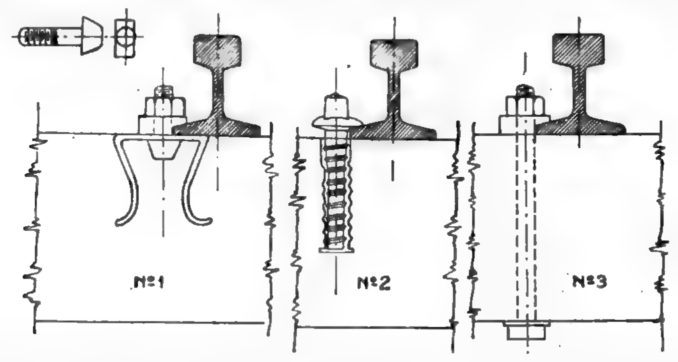


Fotografías 5 y 6 - Vista de la transición entre el lastre chancado y gravilla (durmientes de madera y concreto, respectivamente).

Concretadura.—Es fundamental que el ripio sea fino (máximo de 2 cm.) en lo posible ripio chancado, mezclado con arena muy limpia y con la adición de agua estrictamente necesaria. Se observó que pequeñas fallas en la calidad del concreto, así como oxidaciones en los hierros de las armaduras, adquirieron categoría en el tráfico, siendo la causa directa de muchas fisuras observadas. Las experiencias últimas en Chile, aconsejan fabricar durmientes exclusivamente de concreto vibrado.

Moldaje.—Los moldes de madera empleados, son inadecuados después de 25 usos, presentando deformaciones y torceduras que se transmiten al durmiente. Se recomienda emplear moldes metálicos.

Tacos de madera.—La sujeción del riel al durmiente mediante taco de madera recomendado por muchos experimentadores, no se

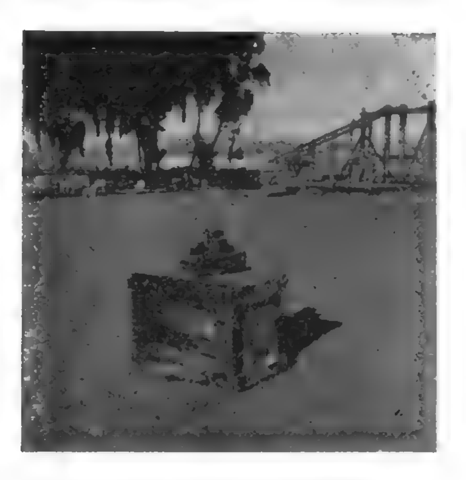


adapta a las condiciones de nuestro país, donde casi es imposible conseguir madera enteramente seca. En la práctica, el taco se suelta al perder humedad, a pesar de haberse colocado una capa de brea en la zona de contacto de la madera con el concreto y haber sometido pre-

viamente a aquella a un tratamiento en aceite por 60 días. Este taco suelto golpea los bordes del hueco de colocación provocando fisuras y en ocasiones grietas que se agrandan progresivamente hasta causar quebraduras (caso de las maestras). El mismo esfuerzo se transmitió en algunos durmientes a la zona central provocando fisuras que se agrandaban al entrar en contacto el lastre chancado con el durmiente



Fotografía 7 - Tipo de sujeción de cremallera corriente.



Fotografía 8 - Tipo de sujeción «c» de cremallera modificada.



Fotografía 9 - Enfierradura.

(tal contacto no debe existir, no obstante lo cual es muy difícil evitarlo en la práctica por las deficiencias del rameo.)

El aspecto de la sujeción del riel al durmiente, ha sido objeto de los mayores análisis en nuestros estudios últimos, por estimar que es fundamental del problema que nos ocupa. Así, a pesar de seguir manteniendo el uso mejorado del taco de madera para algunos de nuestros

tipos de durmientes de experimentación, hemos estudiado simultáneamente otros sistemas. De los varios analizados, nos han parecido interesantes los ensayados en EE. UU. a base de colocar bajo el riel una capa de plomo, reguladora y amortiguadora de los esfuerzos repetidos y afianzar el durmiente al riel mediante tirafondos que van atornillados en una camisa de plomo o hierro inoxidable que se concreta al dur-



Fotografía 10 - Enfierradura.



Fotografía 11 - Estanque de fraguado.



Fotografía 12 - Durmientes listos para ser colocados en la vía.



Fotografía 13 - Durmientes de tipos I y II colocados en plena vía.

miente. Otro tipo consiste en una pieza de acero en forma de mesita de arrimo que se incrusta en el concreto y a la cual se afianza el riel mediante un perno y zapito rielero tipo cremallera. Naturalmente que también en este caso se coloca una lámina metálica, generalmente de plomo bajo el riel. Un tercer medio de afianzamiento, consiste en un perno de sujeción del durmiente al riel mediante zapito rielero corriente.

Los ejemplos indicados, son interesantes y como ya dijimos han dado buenos resultados en EE. UU., pero en Chile no nos ha sido posible emplearlos, particularmente el primero por su costo elevado de preparación de la camisa. El segundo y tercero lo usaremos en breve y sus resultados serán materia de información adicional de este tra-



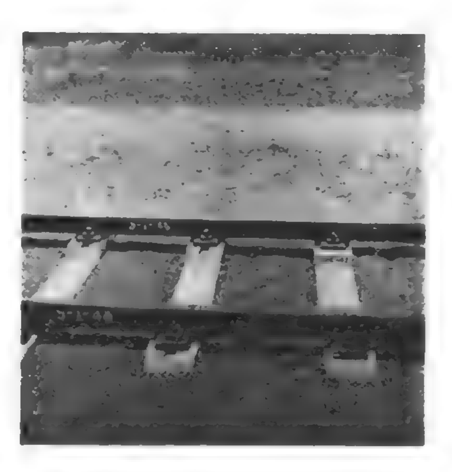
Fotografía 14 - Vista de sujeción tipo «C» en plena vía.



Fotografía 15 - Los durmientes con faja negra son vibrados.



Fotografía 16 - Vista de ensayo a la entrada Estación La Serena (Tipos I y II).



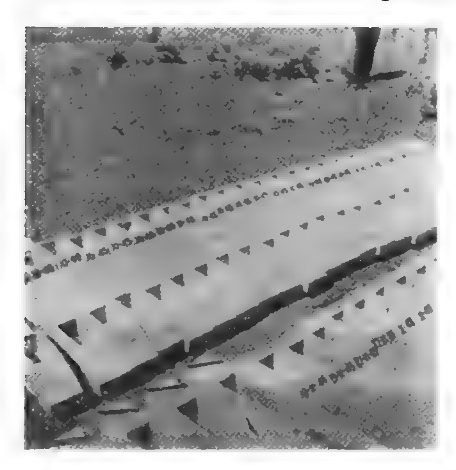
Fotografía 17 - Durmientes tipo «Y» colocados según sistema «C» en 9-1-946 entre La Serena y Coquimbo.

bajo. En las figuras siguientes, se pueden apreciar los tipos de sujeción indicados.

Por razones especiales, en Chile hemos adoptado otro tipo de sujeción que cumple en todas sus partes las características de las sujeciones anotadas más arriba. Estamos aprovechando la zona de contacto

del riel de los durmientes metálicos de cremallera excluídos del servicio. En las vistas siguientes se ve primero el asiento correcto de cremallera y luego la adaptación al durmiente de concreto.

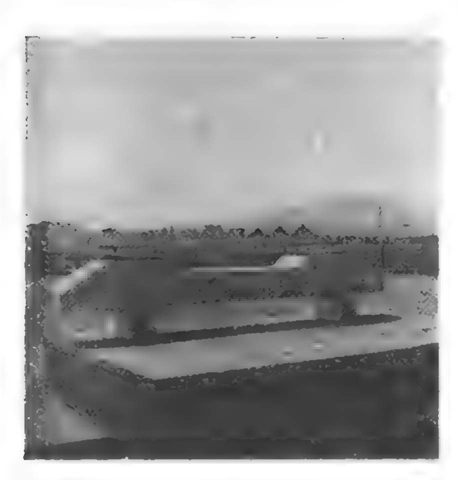
Los resultados obtenidos los estimamos muy satisfactorios, no mostrando los durmientes en experimentación fisuras de ninguna especie.



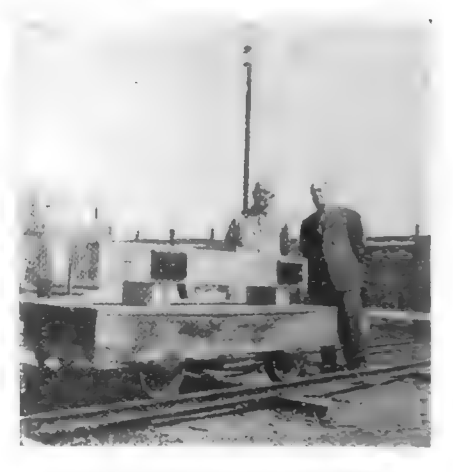
Fotografía 18 - Durmientes listos para ser colocados en la vía.



Fotografía 19 - 3 tipos de durmientes de ensayo (I, II y III).



Fotografía 20 - Vista de un durmiente aplicada la silla «C».



Fotografía 21 - Vista de sujeción tipo «C».

Así hemos llegado a transformar el estudio del durmiente, solucionando previamente su aspecto resistente, en un problema de afianzamiento del riel que dé seguridades de transmisión en los esfuerzos del concreto.

La silla de sujeción tipo «C» se dobla conforme se indica en la Fig. 2 y se concreta al durmiente colocándose entre su cara inferior y el concreto una chapa de madera amortiguadora. Se cumple así con

esta silla un triple papel: de sujeción, silla de asiento y de detención. Además, mediante el agrandamiento de los agujeros para los pernos de la silla, hemos logrado adaptarla a todos los tipos de riel que se emplean en nuestra Red, preparando diversas combinaciones de zapitos, suples y lainas que nos permiten ensayar los resultados con cualesquier tipo de riel desde 25,5 kgs. por metro hasta 50,5 kg./m.

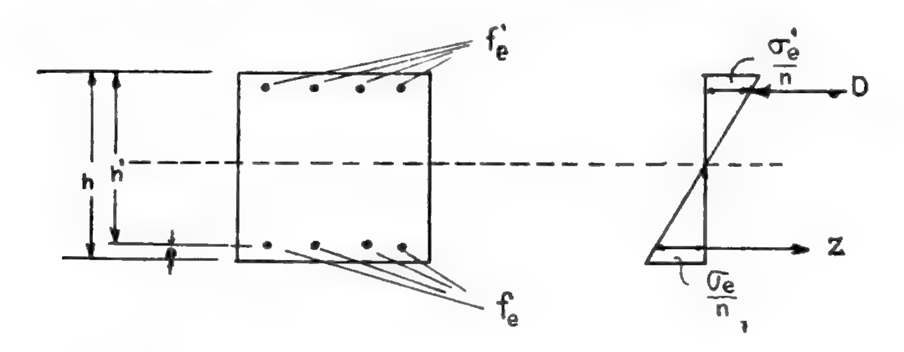
En las diversas fotografías que se acompañan, pueden apreciarse las etapas de fabricación y colocación en plena vía de los durmientes de concreto. Las dos primeras indican los tipos de enfierradura usados, para seguir con el proceso de fraguado, colocación de sillas «C» de sujeción ensayos en plena vía, etc.

La experimentación en discusión comprende 3 tipos de durmientes con secciones de altura variable el tipo I y alturas constantes los tipos II y III. Puede apreciarse que en el durmiente Tipo III se ha dejado un vacío central con el objeto de sacar el taco de madera y alivianar el conjunto cuyos pesos son de 140, 160 y 170 kgs. respectivamente. El tipo III es similar al que sirvió de base a las experiencias de 1935 y 1938 pero aplicado al sistema de sujeción tipo «C». Los huecos que se observan en las fotografías, corresponden al ensayo primitivo a base de taco *de madera.*

CAPITULO II

Cálculo del durmiente de concreto para trocha 1 metro

Por razones experimentales, se calculará un durmiente con armadura doble de acuerdo con las fórmulas clásicas de la Resistencia de Materiales aplicando en su oportunidad el criterio de Van Dijk y Zimmermann sobre cálculos de la «Vía». A fin de dimensionar, partiremos con las ecuaciones de Kayser que según la figura que sigue, dan:



Así resulta:

$$h' = \alpha\sqrt{M.b}$$

$$f_e = \frac{\beta}{\alpha} . b . h'$$

donde α y β son coeficientes

b el ancho del durmiente.

M el momento máximo de flexión.

f'_e la sección del hierro en la zona extendida.

f_c la sección del hierro en la zona comprimida ($f_e = f'_e$).

h más el valor *a* de la figura determinan la altura *h* del durmiente.

Para la determinación de h' y f_e en la forma ya indicada, es previo el cálculo del momento máximo del durmiente, para lo cual, de acuerdo con Zimmermann, debemos despejar la igualdad:

$$M = M_r = \frac{C\, b\, s^2}{6} (2\, y_l + Y_r)$$

siendo:

C el coeficiente de lastre igual a 3.

b el ancho del durmiente, en cm.

s la distancia del eje del riel al extremo del durmiente e igual a 0,37 para trocha de 1 metro.

y_l es el hundimiento del lastre en el extremo del durmiente

y_r lo mismo pero a plomo del riel

Por su parte, los factores y_l e y_r, valen:

$$y_l = \left(\frac{\alpha_u \beta_u - \beta_u \alpha_r}{N} \right) \frac{2P}{Cb}$$

$$y_r = \left(\frac{\alpha_u \beta_l - \beta_u \alpha_l}{N} \right) \frac{2P}{Cb}$$

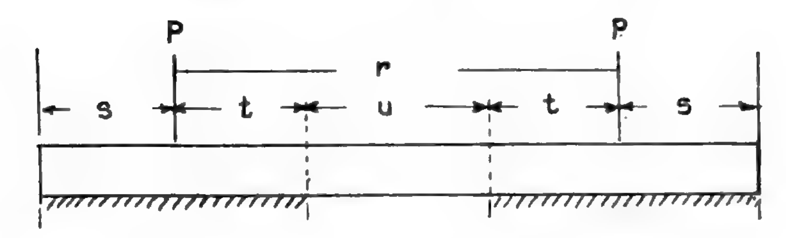
a su vez: α_u, α_l, β_u, β_r, β_l, y *N* son funciones de los valores que aparecen en la figura siguiente y donde *P* es la presión del riel sobre el durmiente en K. Además los coeficientes indicados son funciones de *i* que vale $i = \frac{6EI}{Cb}$

siendo *E* el módulo de elasticidad del durmiente igual a 150.000kgs/cm.^{2} e *I* su momento de inercia vertical en cm.^{4}.

Introduciendo valores y haciendo un tanteo a base de una sección 18×20 que en definitiva será la que adoptaremos, resulta:

$$6\,E\,I$$

$$\alpha_u = 1070{,}964 \times 10^6$$
$$6_r = 1103{,}977 \times 10^6$$
$$\beta_u = 71{,}370 \times 10^6$$
$$\alpha_r = -1130{,}029 \times 10^6$$
$$N = 195{,}035 \times 10^{18}$$



Entonces:

$$y_t = 0{,}0002125\ P$$
$$y_r = 0{,}0002283\ P$$

y reemplazando valores:

$$M_r = \frac{3 \times 20 \times (37)^2}{6} (20{,}0002125 + 0{,}0002283)\ P$$

$$M_r = 9{,}6925\ P$$

a su vez, P que como dijimos actúa sobre el durmiente a través del riel, vale, según Winckler, 0,45 de la carga aplicada, que en nuestro caso, partiendo de la locomotora más pesada de nuestra Red Norte igual a 14 toneladas por eje y considerando un coeficiente dinámico de 1,5 se tiene:

$$P = 0{,}45 \times 1{,}5 \times 7000 = 4725 \text{ kgs.}$$

Entonces el Momento M_r vale:

$$M_r = 45{,}797 \text{ k. cms.}$$

valor que permite conocer h' y f_e.

Entrando a las tablas de Kayser con la relación σ_e/σ_b fatigas del hierro y del concreto iguales a 1000/40 y para $f_e = f'_e$, se tiene:

$$\alpha = 10{,}43$$

$$\frac{\beta}{\alpha} = 1{,}07$$

y despejando las fórmulas resulta finalmente:

$$h' = 10{,}43 \sqrt{\frac{45{,}797}{20}} = 10{,}43 \times \sqrt{2{,}29}$$

$$h' = 15{,}4$$

$$f_e = 1{,}07 \times 15{,}4 \times 0{,}2 = 3{,}3 \text{ cm.}^2 = f'_e.$$

(Las tablas y fórmulas dan a M en tons.-metros y b en m.)
Por consiguiente la altura del durmiente queda

$$h = 15{,}4 + 2 = 17{,}4 \sim 18 \text{ cm.}$$

Dimensionado ya el durmiente, verificamos la fatiga. Tenemos:

$$\sigma_b = \frac{M}{W}$$

y como $W = \frac{1}{6} bh^2$ vale: $W = 1080$ cm³.

Luego: $\sigma_b = \frac{45.797}{1080} = 42{,}2$ k./cm².

Los cálculos anteriores determinan una sección uniforme para el durmiente. Sin embargo veremos a continuación que ello no es necesario, lo que permite una economía en hierro y concreto. Obtengamos el Momento en la zona central del durmiente. Este vale:

$$M_c = M_r - \frac{pt^2}{2} = \frac{ps^2}{2} - \frac{pt^2}{2}$$

por su parte: $p = \frac{P}{t + s}$

donde t y s son los valores ya conocidos que corresponden a las zonas de rameo interior y exterior del durmiente y cuyos valores son 32 y 36 cm. respectivamente para trocha de 1 metro.

así se tiene: $p = 69{,}5$ k/cm.

y $M_r = 45.000$ Kg.

También $M_c = 45.000 - 69{,}5 \frac{(32)^2}{2}$

$M_c = 9{,}400$ kg./cm.

lo que indica que la zona central necesita sólo la cuarta parte del concreto y hierro de la aplomo del riel.

Verificación al esfuerzo de corte

Considerando la carga P uniformemente repartida en la zona de rameo $(s + t)$ el esfuerzo de corte en la sección del borde exterior de la zapata del riel, vale:

$$Q_{ext.} = \frac{P\,(s - ½\,a)}{s + t}$$

siendo a el ancho de la zapata del riel (tomaremos caso del riel F de 30 kg/m.). Entonces:

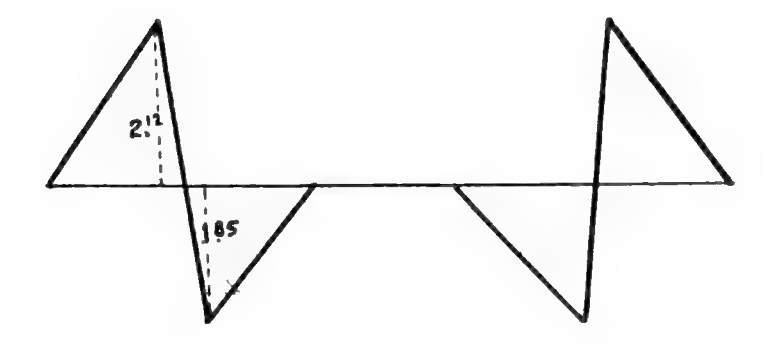
$$Q_{ext.} = \frac{4725\,(36 - 5{,}4)}{68} = 2{,}12 \text{ t.}$$

y el esfuerzo de corte en la sección del borde interior de la zapata del riel vale:

$$Q_{int.} = P - \frac{P\,(s + ½\,a)}{s + t} = 1{,}85 \text{ t.}$$

y el diagrama del esfuerzo de corte queda entonces:

Además, la fatiga tangencial T_o vale:



$$T_o = \frac{Q}{b' h'} = \frac{2120}{20 \times 15{,}4} = 6{,}9 \text{ kg./cm}^2.$$

El esfuerzo Z a 45° es

$$Z = \frac{1}{h' \sqrt{2}} \int Q\, dx$$

y para $x = \frac{1}{2}\left(s - \frac{1}{2} a\right) = 30{,}6$ cm.

$$Z = \frac{30{,}6 \times 2120}{2\sqrt{2} \times 15{,}4} = 1.510 \text{ Kg.}$$

por consiguiente, la cantidad hierro necesaria para absorber este esfuerzo es:

$$F_e = \frac{1510}{1000} = 1{,}51 \text{ cm.}^2$$

A base del cálculo anterior y de los valores obtenidos para f_e, f'_e y h aparece en la página siguiente el proyecto de durmiente de concreto con sus correspondientes enfierraduras. Como resumen de lo anterior, tenemos las siguientes cifras:

$$h = 18 \text{ cm.}$$
$$f_e = f'_e = 3{,}3 \text{ cm.}^2$$
$$F_e = 1{,}51 \text{ cm.}^2$$

las que se satisfacen con 2 barras de $^1/_2$″ y 2 de $^5/_{16}$″ que envuelven las zonas tendidas y comprimidas. El esfuerzo Z lo absorbemos con 2 barras por lado de $^3/_8$″ dobladas a 45°. Completándose el proyecto con la distribución de estribo cada 15 cm.

CAPITULO III

Conclusiones

A base de los antecedentes de los estudios que preceden, proponemos al 5º Congreso Panamericano de Ferrocarriles la siguiente moción:

««Que subsistiendo las condiciones que fundamentaron acuerdos de los diversos Congresos de Ferrocarriles y particularmente los del celebrado en Roma en 1922, en el sentido de recomendar a las diversas Empresas ferroviarias la experimentación con durmientes de concreto como variante del reemplazo de los durmientes de madera cuya progresiva dificultad de obtención y altos precios se ha hecho especialmente notoria a partir de 1940, el 5º Congreso Panamericano de Ferrocarriles acuerda:

1º) Recomendar a las Empresas ferroviarias sudamericanas, agotar las investigaciones técnicas y experimentales acerca de la posibilidad de emplear en sus vías durmientes de concreto.

2º) Recomendar que estas investigaciones que se hagan en ferrocarriles con diferentes velocidades y densidades de tráfico.

3º) Procurar sacar conclusiones sobre el comportamiento de los durmientes en rectas, curvas, en horizontal, en gradientes y en pendientes.

4º) Procurar sacar conclusiones sobre comportamiento de los durmientes en desrielamientos.

5º) Procurar sacar conclusiones respecto al comportamiento de los durmientes en función de los diversos accesorios de vía (sillas de detención y curva, guarda rieles, etc.).

6º) Recomendar a las Empresas llevar sus resultados al 6º Congreso Panamericano de Ferrocarriles, a fin de resolver en definitiva allí sobre este problema.»

INFORME DEL RELATOR

El autor divide su «Estudio sobre Durmientes de Concreto Armado» en tres capítulos: En el primero reseña en forma breve las tentativas para el uso de este tipo de durmientes por los ferrocarriles europeos, señala las causas más notorias de algunos fracasos en la experimentación, las analiza y expone los medios o dispositivos que a su entender las eliminan o atenúan, enumerando a continuación las notorias ventajas con respecto a los durmientes de madera hasta hacer recomendable su empleo, con ciertas restricciones, para ferrocarriles de velocidades moderadas.

Termina este capítulo con una exposición sobre ensayos realizados por el autor en los diez últimos años en ferrocarriles con trocha de un metro, acompañando fotografías y memoria detallada de la construcción y montaje en plena vía de 130 durmientes, con tipo de sujeción que llenando en todas sus partes, las características de las sujeciones

puestas últimamente en uso por varios ferrocarriles norteamericanos fué proyectada por razones de economía, aprovechando la zona de contacto del riel de los durmientes metálicos de cremallera, excluídos del servicio. Después de 8 años de uso anota los siguientes resultados: 50% buenos, 30% regulares, 20% malos, habiendo correspondido los malos, sin excepción, a las maestras y vecinas.

El capítulo II lo dedica al cálculo de los esfuerzos a que está sometido el durmiente para la consiguiente determinación del dimensionado de la estructura resistente de acuerdo con las fórmulas clásicas de Resistencia de Materiales y el criterio de Van Dijk y Zimmermann.

En el capítulo III formula las conclusiones que el suscrito transcribe y recomienda, teniendo en cuenta lo interesante del tema tratado, sobre todo su evidente actualidad por la notoria falta de oferta de madera que reuna las condiciones técnicas necesarias dentro de precios económicamente aceptables y en el bien entendido que «los durmientes de concreto armado constituirán la futura fuente proveedora y reguladora de los precios de los durmientes de madera».

Conclusiones

«Que subsistiendo las condiciones que fundamentaron acuerdos de diversos Congresos de Ferrocarriles y particularmente los del celebrado en Roma en 1922, en el sentido de recomendar a las diversas Empresas ferroviarias la experimentación con durmientes de concreto como variante del reemplazo de los durmientes de madera cuya progresiva dificultad de obtención y altos precios se ha hecho especialmente notoria a partir de 1940, el 5º Congreso Panamericano de Ferrocarriles acuerda:

1º) Recomendar a las Empresas ferroviarias sudamericanos, agotar las investigaciones técnicas y experimentales acerca de la posibilidad de emplear en sus vías durmientes de concreto.

2º) Recomendar que estas investigaciones se hagan en ferrocarriles con diferentes velocidades y densidades de tráfico.

3º) Procurar sacar conclusiones sobre el comportamiento de los durmientes en rectas, curvas, en horizontal, en gradientes y en pendientes.

4º) Procurar sacar conclusiones sobre comportamiento de los durmientes en desrielamientos.

5º) Procurar sacar conclusiones respecto al comportamiento de los durmientes en función de los diversos accesorios de vía (sillas de detención y curva, guarda rieles, etc.).

6º) Recomendar a las Empresas llevar sus resultados al 6º Congreso Panamericano de Ferrocarriles, a fin de resolver en definitiva allí sobre este problema.»

RESOLUCION DEL CONGRESO

1º) Recomendar a las Empresas ferroviarias panamericanas, realizar investigaciones técnicas y experimentales acerca de la posibilidad de emplear en sus vías durmientes de concreto armado.

2º) Recomendar que estas investigaciones se hagan bajo las diferentes condiciones de su empleo.

3º) Anotar el comportamiento de los durmientes en casos de descarrilamientos.

4º) Procurar sacar conclusiones respecto al comportamiento de los durmientes en función de los diversos accesorios de vía (sillas de detención y curva, guarda rieles, etc.).

5º) Recomendar a las Empresas envíen los resultados de su experimentación al Comité Permanente a fin de reunir mayores antecedentes que permitan encontrar mejor solución a este problema.

6º) Publicar este interesante trabajo en las Memorias del Congreso.

TEMA 4

NOTAS SOBRE METODOS DE PROLONGAR LA VIDA UTIL DE LOS RIELES.

AUTOR: *Ingeniero A. S. MUIRDEN.*
RELATOR: *Ingeniero VICENTE ELORZA.*

84.

En estas notas sobre métodos de mantención de vía permanente se clasifican las líneas férreas en grupos, y siendo el medidor lógico el tonelaje anual que pasa por cada trecho, se les ha agrupado en tres clases generales de:

Livianas, de tonelaje hasta 5 millones por año,
Medianas, de tonelaje de 5 a 10 millones por año,
Pesadas, de tonelaje de 10 millones y más por año.

Se estima que de los 41.731 kilómetros de vía férrea en la República Argentina como el 90% corresponde a la clase liviana, y estas notas y observaciones se han acumulado en relación a esta categoría de ferrocarril.

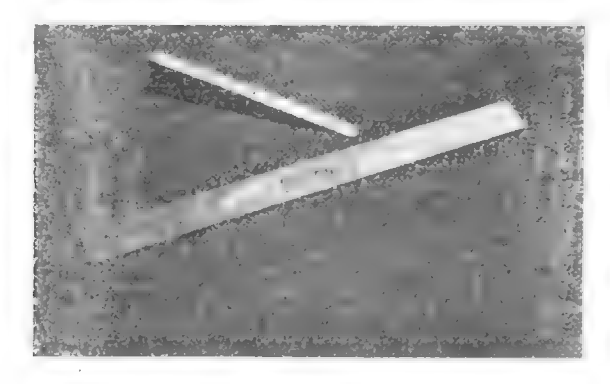
En los años de post-guerra, no obstante la evolución económica por la cual pasarán todos los países del mundo en mayor o menor escala, no cabe duda que las líneas férreas principales, demandarán y justificarán más altas velocidades, y mayor confort en sus trenes. Las condiciones en las principales líneas, en que se exige frecuentes renovaciones del material y para las cuales los mejores aceros y equipo mecánico de conservación de vía están al alcance de los Departamentos de Vía y Obra son distintos, generalmente, a las líneas de tráfico liviano, en las cuales las condiciones financieras suelen no permitir disponer libremente de fondos para mejoras y es en relación a estas líneas, donde se exige economía y la máxima prolongación de la vida útil del material permanente, que se espera que las siguientes anotaciones sean de interés.

La guerra ha hecho una revolución en nuestro punto de vista, tanto en construcciones nuevas como en métodos de conservación. La escasez de acero y de maquinarias nuevas, y su alto costo consecuente, que no hay duda seguirá en la post-guerra, recalcará la necesidad de practicar toda clase de salvataje en el sentido de emplear el mayor ingenio en «hacer valer» los materiales existentes a nuestro cargo; de repararlos y de mantenerlos en tal condición que el desgaste sea mínimo; es decir, de tratar de disminuir toda fricción de desgaste innecesario. El término «prolongar la vida de la vía permanente», no cabe duda, estará en uso frecuente durante la próxima década.

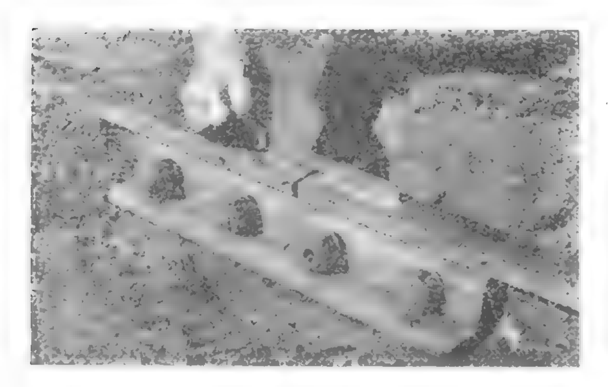
Mantención de vía se compone de los factores equipo; plantel de personal y métodos de organización. Este ítem incluye un factor im-

portantísimo, el animar con éxito al personal, y tenerle trabajando inteligentemente en la causa común, con conocimiento del fin al cual se aspira.

Desde el año 1857 cuando se inauguró la primera línea férrea en la Argentina hasta la fecha de hoy, el mayor adelanto de método económico e ingenioso de conservar la vía fué hecho cuando se implantó el sistema de levante «a pala» por el año 1930. Desde entonces las operaciones de mantención se estudian más a fondo; la estructura de



Fotografía 1



Fotografía 2

las vías y los defectos que se producen en ellas se empezó a investigar intensamente, y un nuevo régimen de métodos ha sido establecido; de medir y de programar.

Programar las reparaciones en la vía en escala por mayor, con cuadrillas grandes encargadas de secciones largas de unos 60 kilómetros, al equiparlas con zorras a motor, ha hecho posible una sentida mejora en el promedio del estado de las vías. Las reparaciones se hacen solamente en donde son indicados; lo no esencial, y el consiguiente mal empleo de jornales se han eliminado después de cuidadosa investigación.

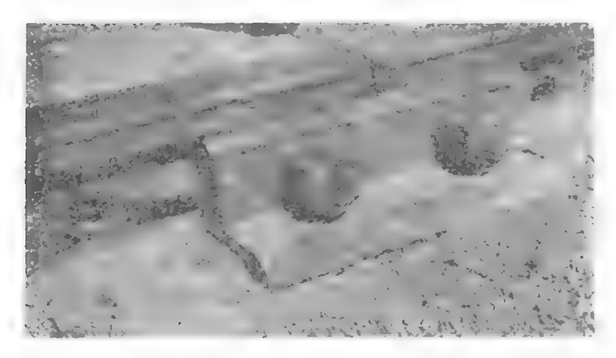
Dos pequeños útiles (a) de gran utilidad en manos de Inspectores de vía y los capataces son, una regla de acero de 20 cm. de largo y una cuña de medir de acero de 1:10.



Fotografía 3



Fotografía 4



Fotografía 5

Con estos útiles se elimina el informe aproximado; ahora se mide con exactitud (b) abolladura de las juntas, (c) aplastamiento en las

puntas de los rieles, (d) luces entre las puntas de riel, y (e) el espacio entre las eclisas y el alma del riel. El personal pierde la costumbre de adivinar defectos de desgaste. Son tan fáciles de medir...

Estos datos, tabulados y sumados por cada kilómetro proporcionan a la Oficina de Control valiosos datos.

Sigue parte de una planilla típica de desgaste de puntas de riel y de luces en las juntas. De estos datos se forma el programa de trabajo de rellenar a soldadura las puntas de riel y de cierre de luces.

APLASTAMIENTO DE PUNTAS Y LUCES EN JUNTAS

Km. 18 a 19

(Todo en m.m.)

Junta Nº	*NORTE*			*SUD*		
	Aplastamiento Hondura	*Largo*	*Luz*	*Aplastamiento Hondura*	*Largo*	*Luz*
1	0,5 1,1	50 60	0	0,6 0,5	40 35	0
2	1,0 1,0	60 55	3,5	0,5 0,4	40 35	6
3	1,0 0,5	55 50	6,7	0,6 1,0	50 65	0
4	0,5 0,5	50 60	0	0,8 0,6	55 65	3,1
5	0,6 0,5	40 50	0	0,5 0,6	55 65	0
6	0,7 0,9	50 55	0,6	0,5 0,6	50 55	0,5
7	0,5 0,9	54 67	9,2	0,7 1,0	58 55	6
8	0,5 0,6	45 55	0	0,8 0,5	50 45	2,1
9	0,5 0,5	45 65	0	0,7 1,0	55 63	0
10	0,7 0,5	50 47	4,1	1,0 0,4	62 55	3,5

Reconociendo el principio que cambios bruscos de alineación y nivel son los desperfectos de vía que deben eliminarse, si se desea un andar suave de los trenes, y teniendo en cuenta que la velocidad que se recorre dichos desperfectos afecta directamente la reacción del tren rodante, variaciones suaves de pendiente y rasante resultarán en un andar cómodo, de modo que el método lógico de «suavizar» vía se impone.

Un cambio de nivel de 4 cm. por segundo se considera el límite para la comodidad del pasajero (dato usado en el cálculo de espirales de entrada de curvas), y la tabla siguiente Nº 1 demuestra la base de esta opinión.

Tabla Nº 1

DESCENSOS O ASCENSOS VERTICALES

VELOCIDAD		*Pendiente límite de la confortable*	*Pendiente práctica*
K. P. H.	*Metro por segundo*		
40	11.1	$\frac{4}{1110} = 1/277$	1/300
60	16.6	$\frac{4}{1660} = 1/415$	1/500
80	22.2	$\frac{4}{2222} = 1/555$	1/600
100	27.7	$\frac{4}{2770} = 1/692$	1/750

EJEMPLO: Un desnivel de 1 cm. en un largo de 5.00 metros (1/500) pasado a 60 km. la hora no es defecto apreciable. El mismo golpe pasado a 100 K.P.H. es brusco desagradable para el pasajero y castiga el tren rodante.

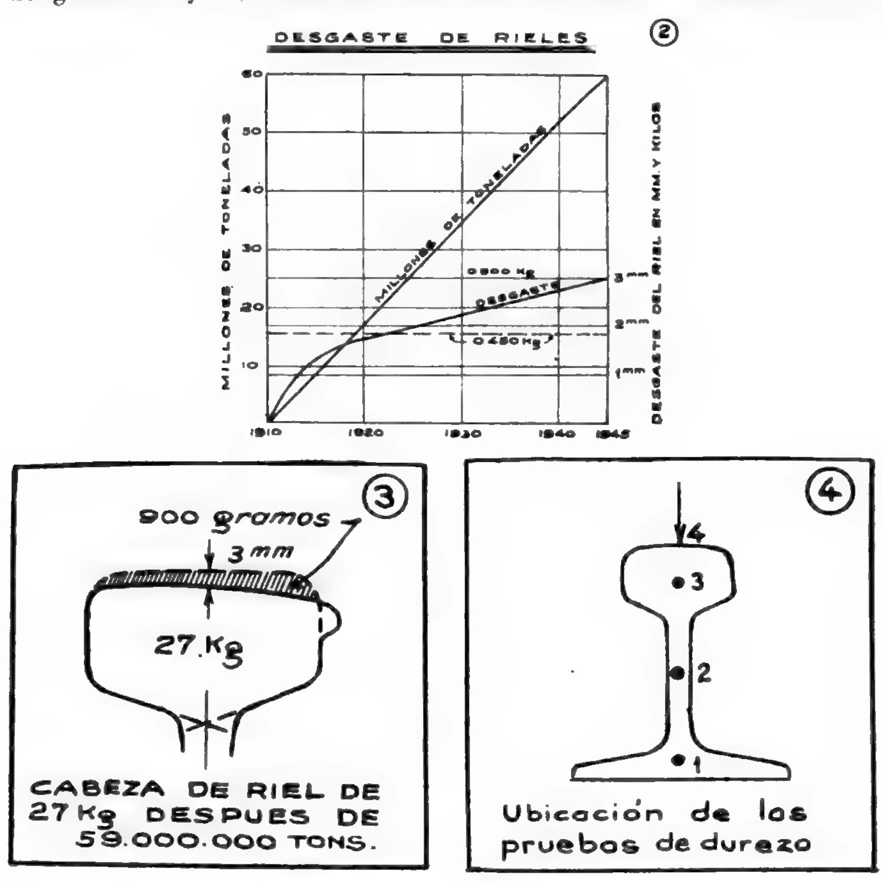
La mano de obra programada y controlada es el medio principal de prolongar la vida del material férreo. A cada ídem que puede gastarse o aflojarse en la estructura de la vía, o en donde exista fricción; la lubricación de eclisas, suplemento, escuadrar y cerrar luces de juntas, esmerilar irregularidades, y la tensión apropiada en los bulones de junta deben ser atendidos con el mínimo de demora desde el día que se coloca la vía nueva, si se desea obtener la máxima duración de ella.

La duración de un trecho de vía es variable, puede llevar entre 120 y 200 millones de toneladas brutas de tráfico, y se gobierna por varios factores; la trefilación del riel al fabricarlo, el cual afecta su resistencia al desgaste; su calidad de dureza combinada con la ductilidad; la densidad de tráfico; la calidad del cuidado de mantenimiento

que haya recibido desde su inauguración al tráfico; el deterioro permitido consistente con la seguridad, y también la situación financiera.

El desgaste en la plana superior de la cabeza del riel parece desarrollarse con mayor rapidez si la densidad de tráfico es grande en los primeros años de su servicio. El endurecimiento producido por el trabajo es de gran valor para la duración del riel, y su aplicación lenta parece acondicionar mejor el riel para resistir el desgaste.

El siguiente diagrama (2) demuestra el desgaste progresivo en el hongo del riel y (3) el término medio de condición de rieles en el F. C.



Midland de Buenos Aires, un ferrocarril de tráfico liviano. El desgaste relativamente rápido en los primeros años se notará tanto como la pérdida total de metal de 900 gramos después de pasar 59 millones de toneladas.

Las pruebas de dureza del riel indicadas en la tabla (5) son interesantes por la variedad de resultados obtenidos.

Los números Brinell varían entre 153 y 241, representando resistencias de 54 a 84 Kg. por milímetro cuadrado en la plantilla del riel. En las superficies endurecidas por el trabajo los números Brinell re-

Nº	Origen y Fecha del riel	Contenido de carbono	Nº BRINELL y PORCENTAJES									
			Plantilla (1)		Alma (2)		Cabeza (3)		Superficie de rodaje (4)			
									Nuevo		Endurecido por trabajo	
			%		%		%		%		%	
1	F. C. M. - 27.28 Kgs. - 1907 ...	—	100	207	95	196	110	228	119	247	130	270
2	F. C. M. - 37.20 Kgs. - 1930 ...	—	100	228	91	207	100	228	106	241	123	280
3	Crespo - Hasencamp - 1905 .	0.7	100	241	100	241	100	241	—	—	133	321
4	F. C. P.	0.628	100	196	100	196	100	196	100	196	—	—
5	F. C. O. - 49.61 Kgs.	0.7	100	241	100	241	100	241	81	196	—	—
6	F. C C. A. - 42.16 Kgs.	0.45	100	196	100	196	100	196	123	241	—	—
7	F. C. C. A. - 41.61 Kgs. - 1927 ..	0.695	100	241	100	241	101	245	95	228	—	—
8	F. C. C. A. - 1927	0.676	100	241	100	241	101	245	74	179	—	—
9	F. C. Estado 1923	—	100	187	100	187	105	196	—	—	144	269
10	F. C. Estado (Carnegie)	—	100	228		228	100	228	—	—	112	255
11	F. C. Estado 1921	—	100	179	—	—	100	179	—	—	142	255
12	F. C. Estado 1921	—	100	153	—	—	101	156	—	—	149	228
13	F. C. Estado 1921	—	100	187	—	—	100	187	—	—	172	321
14	F. C. C. N. - 31 Kgs. - 1908 ...	—	100	163	—	—	104	170	—	—	153	249

Nº Brinell × 0,35 = Carga de rotura en Kg./mm.²

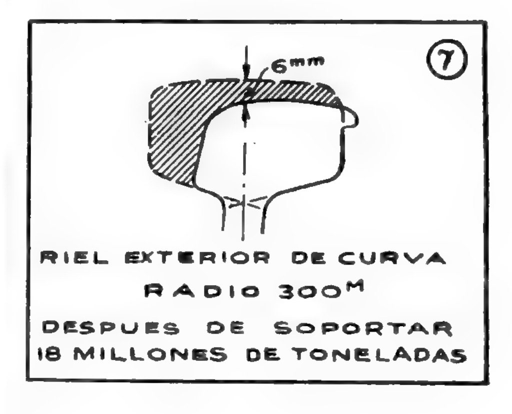
gistrados fluctúan entre 228 y 321, demostrando aumentos de dureza del acero hasta el 72%.

El riel Nº 3 de la tabla (por citar un ejemplo) demuestra una dureza consistente con un aumento del 33% en la superficie expuesta al trabajo. Es de una partida de rieles trefilados en el año 1905, y si bien el contenido de carbono, a la vista, parece alto (0,7%), ha dado servicio satisfactorio en el uso.

Dureza en la superficie del hongo y material dúctil en la plantilla son los requerimientos de un buen riel, y debe siempre recordarse que el aumento de dureza por el trabajo es una valiosa propiedad adquirida por el riel, pero suele suceder que después de 50 millones de to-



Fotografía 6



neladas de tráfico, aunque la superficie superior del riel está en condición ideal, el 8% que representa la zona de la junta exija el 60% de la mano de obra para su mantención. Se comienza entonces a pensar en renovación debido al desgaste entre las eclisas y el riel, que dificulta tener tensión en los bulones y rigidez en la junta. Estos rieles deben considerarse en su edad media, con su dureza aumentada de 30 al 50%.

Los nuevos rieles fabricados por procedimientos como el «Sandberg-sorbitic-enfriamiento controlado» serán de tal calidad que tendrán un aumento de dureza inducida por el trabajo de arriba del 100%, de modo que el riel del futuro demostrará calidades de duración mucho

mayor que los actuales, pero nuestro problema está con los rieles existentes con sus puntas en más o en menos, gastadas, que deseamos reavalorar y clasificar como en su media-vida.

La foto (6) demuestra un instrumento útil que hace perfiles del riel en sitio. Tomando estos perfiles a intervalos, y conociéndose el tonelaje de tráfico que ha pasado, puede compararse el desgaste progresivo.

El desgaste lateral del hongo del riel de curva es mucho más acelerado. El diagrama (7) demuestra un caso extremo de riel sacado de una curva de un radio de 300 metros.

Ese desgaste varía según el radio y la densidad del tráfico, pero se ha notado que está grandemente agravado por la conservación descuidada de la línea de curvatura y de la sobre-elevación.

Al mencionar la sobre-elevación de curvas cabe constatar que se reduce el desgaste y al mismo tiempo las fuerzas de impacto al atender con mayor cuidado a este elemento imprescindible de las curvas.

El autor emplea una elevación variable en las curvas en contradicción a la elevación fija generalmente establecida según el radio teórico de cada curva. La fórmula por sobre-elevación en trocha de un metro es $\frac{7{,}82\ V^2}{R}$. Al pasar con velocidades mayores o menores que la establecida para la curva las llantas de las ruedas corren sobre el riel exterior o el interior, y esta condición se mantiene por toda la curva si la sobre-elevación se mantiene variable *según se varíe el radio de la curva.* De otro modo las ruedas vacilan lateralmente de riel a riel y se desarrollan esfuerzos adicionales en la vía. Una curva ferroviaria, aunque bien mantenida es de radio compuesto, varía frecuentemente en su largo, mientras que la velocidad del tren pasando por ella, normalmente es casi fija. Por un ejemplo, es una curva de 400 metros de desarrollo (el término medio de 63 curvas en el F. C. Midland es de 300 metros), un tren entrando en ella a razón de 60 KPH la pasa en 24 segundos y sólo una circunstancia excepcional haría variar su velocidad en ese tiempo corto. Así que, en vista de que la velocidad es poco probable de variarse pero el radio de curvatura sí, es lógico variar la elevación de acuerdo con los radios.

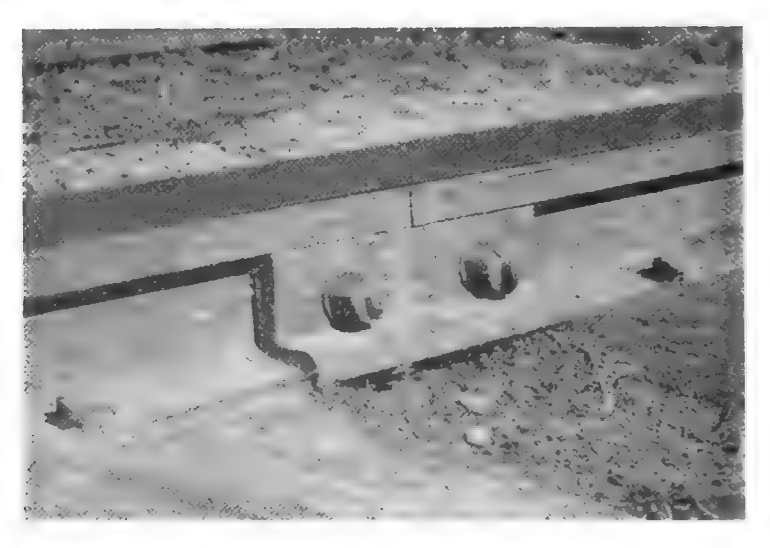
En trocha de un metro la ordenada central de una cuerda de largo en metros de $\frac{\textit{Velocidad KPH}}{4}$ da la medida de la sobre-elevación requerida. Con esta cuerda (de alambre fino) en manos del personal de vía se mide y se controla la curvatura y la elevación en las curvas, y se ha constatado, después de ocho años de experiencia, que se las mantienen con mucho menos mano de obra, en mejores condiciones, y con gran disminución en desgaste del riel.

Las abolladuras de las puntas de riel se han eliminado en un 90% con el empleo de suplementos, por preferencia los de forma a cuña de espesores 0,75 a 2,8 mm. Existía anteriormente en muchos trechos de vía del F. C. Midland hasta 300 m. (en total) de abolladura (flecha) por kilómetro. Con la colocación de suplementos en el plano su-

perior de las eclisas, 270 milímetros de este defecto se ha eliminado con la mejora consecuente en el rodar de los trenes.

Es buena práctica evitar el impacto debido a puntas de rieles aplastadas en el medio de tramos de puentes, pues forzosamente agranda el aumento dinámico de las ruedas motrices y el impacto de cada eje que pasa.

Las luces abiertas en las juntas son un defecto común. En donde existía antes un término medio de 600 milímetros en total de luces por kilómetro, esto fué reducido a un total uniforme de 220 mm. (a temperatura de 16°C.). En largos trechos de vía soldado en largos de 45 metros existen tan solo 66 mm. de luces sin haberse notado dificultad alguna. Debe tenerse en cuenta, no obstante, de lubrificar las eclisas, para permitir el fácil deslizamiento de los rieles, tramo por tramo, y de no destapar largos trechos de vía en los meses de verano.



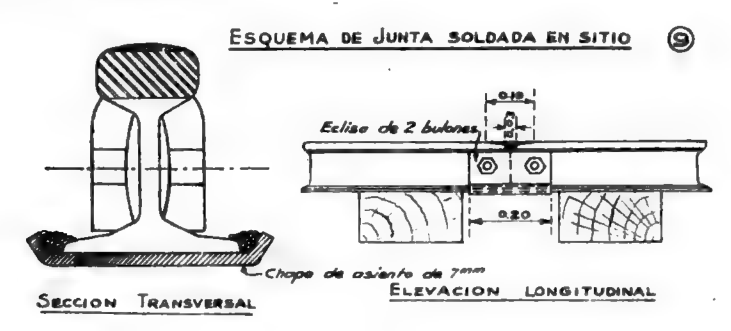
Fotografía 7

El uso de eclisas cortas (de dos bulones) en vía de tráfico liviano, ahora que el levante se hace del modo moderno, «a pala», ha resultado en mejoras y en economías mayores que se esperaba. Después de 9 años de experiencia con 70 Km. de vía en distintos trechos, debido al tramo reducido entre los durmientes de junta y su mayor robustez, tanto el costo de conservación como la condición de la vía han mejorado.

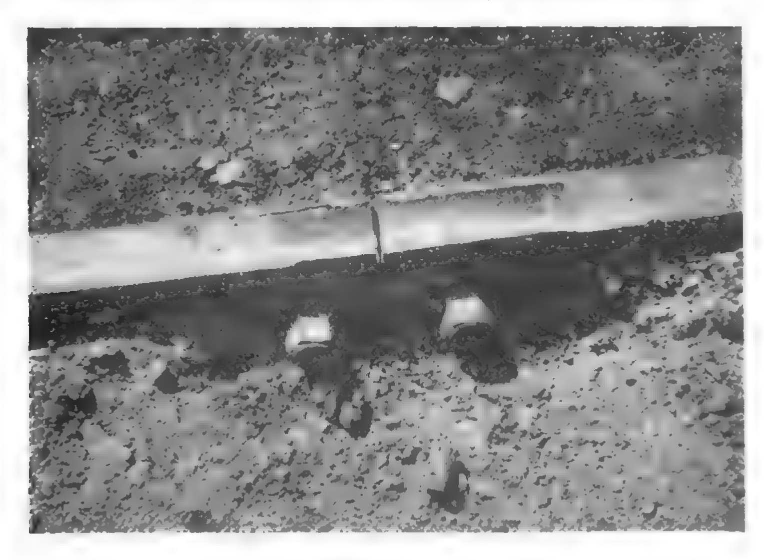
En vía de 30 años de uso y de haber soportado el tráfico de 51 millones de toneladas, debido a estas causas las juntas habían sufrido bastante deterioro. La colocación de eclisas cortas de sobre-medida (para riel de 2 kilos más por metro) han dado excelente resultado.

La foto anterior demuestra un excelente trabajo hecho con cortar las puntas gastadas de rieles y colocarse eclisas (cortas) nuevas. Su único defecto, que introdujo 5% más de juntas por kilómetro, cuando la política moderna es de eliminar las juntas.

El ideal es de soldar los rieles a «thermit», o eléctricamente, en sitio. En la Argentina, entre 1937 y 1943, se habían soldado 585 kilómetros de vía, 86.774 juntas en total, con buenos resultados, y en la post-guerra se hará más progreso, sacando provecho de la variada experiencia ya adquirida.



Sigue en importancia y valor a esta operación la de rellenar la parte aplastada en la punta de los rieles y esmerilarlas a su perfil normal. Esta operación combinada con suplementos, rápidamente acondiciona trechos de vía, dándoles un nuevo período de vida.



Fotografía 8

Se deduce de lo antedicho que eliminar las juntas (de las cuales hay 8 millones en las vías férreas argentinas) y mejor conservar las que quedan, prolongará la vida de la vía permanente, al reducir los esfuerzos de impacto entre el tren rodante y la vía, con un resultado beneficioso para ambos.

Este problema de la conservación de las vías es de mayor interés y si se enfrenta con el fin de eliminar todo impacto innecesario en la vía, que se traduce en el confort del pasajero, se reducirá el deterioro tanto de tren rodante como de la vía y con los métodos correctos de conservación se podrá prolongar el intervalo entre renovaciones totales mucho más allá de los períodos que se han vislumbrado en el pasado.

INFORME DEL RELATOR

Este trabajo —presentado por el Ingeniero A. S. Muirden, del Ferrocarril Midland de Buenos Aires— constituye un aporte de información técnico-práctica, referente a una variedad de aspectos del problema de la conservación de los rieles propiamente, tanto del punto de vista del alargamiento suplementario de su vida útil, como de la mayor velocidad y confort del pasajero, y asimismo de la conservación del material rodante y de los puentes.

Trata en especial forma, lo referente a las reuniones de los rieles entre sí, y los métodos usuales y aconsejables para resolver eficientemente los problemas derivados de los efectos del uso sobre las puntas de los rieles, torceduras, aplastamientos, luces, y sobre las eclisas, encarando todos estos problemas sobre la base de mediciones y programación del trabajo de reparación a efectuar, rellenos a soldadura, suplementación, lubricación y uso de eclisas cortas (a dos bulones), etc.

Sobre la base de que «un cambio de nivel de 4 cm. por segundo se considera el límite para la comodidad del pasajero», el Ingeniero Muirden presenta una interesante tabla (Tabla Nº 1) sobre «Descensos y Ascensos Verticales», en la que para velocidades de 40 a 100 K.p.H. indica la «pendiente límite de la confortable».

Presenta también un interesante gráfico sobre «Desgaste de Rieles», en relación con el tonelaje (millones de toneladas) del tráfico servido.

Da además, el Ingeniero Muirden, una ilustrativa tabla sobre los resultados de pruebas Brinell de la dureza de catorce rieles de distintos tipos (% de carbono) y de varios Ferrocarriles argentinos, en cuya tabla indica durezas para la plantilla, el alma, la cabeza, y la superficie de rodaje con datos del porcentaje de su endurecimiento por el trabajo (tráfico), llegando a la conclusión de que «suele suceder que después de 50 millones de toneladas de tráfico, aunque la superficie superior del riel está en condición ideal, el 8% que representa la zona de la junta exija el 60% de la mano de obra para su mantención».

Aporta información sobre desgastes de los rieles en las curvas, y trata acerca del cuidado que exigen éstos y la sobre-elevación, y patrocina la idea de «una elevación variable en las curvas, en contradicción a la elevación fija generalmente establecida según el radio teórico de cada curva», dando como fórmula para la sobre-elevación en trocha de un metro, la siguiente: «7,82 V^2/R». Su criterio lo basa en el hecho de que «en vista de que la velocidad es poco probable de variarse pero el radio de curvatura sí, es lógico variar la elevación de acuerdo con

los radios». A estos efectos concreta que «en trocha de un metro la ordenada central de una cuerda de largo en metros de «Velocidad (K. p.H.)/4» da la medida de la sobre-elevación requerida.

Termina el autor su excelente trabajo con la siguiente conclusión:

«Este problema de la conservación de las vías es del mayor interés y si se enfrenta con el fin de eliminar todo impacto innecesario en la vía, que se traduce en el confort del pasajero, se reducirá el deterioro tanto del tren rodante como de la vía y con los métodos correctos de conservación se podrá prolongar el intervalo entre renovaciones totales mucho más allá de los períodos que se ha vislumbrado en el pasado.»

Recomendación del Relator: Que la Comisión del V Congreso Panamericano de Ferrocarriles, que estudie el Tema 4º —«Economías posibles y medios de racionalización aplicados a la conservación de la vía permanente»— considere este trabajo del punto de vista ilustrativo, a efectos no sólo económicos, sino también conducentes a buscar, deliberada y sistemáticamente, en prestigio del transporte de pasajeros por ferrocarril, la forma de aumentar el confort del viajero.

RESOLUCION DEL CONGRESO

1º) Recomendar el valor ilustrativo de este trabajo, no sólo desde el punto de vista económico, sino también como una contribución relacionada con métodos de conservación de los rieles conducentes a aumentar la comodidad del pasajero.

2º) Se acuerda su publicación en las Memorias del Congreso.

TEMA 4

LAS MAZAMORRAS (RIOS DE LODO) Y LA FORMA DE COMBATIRLAS EN LOS FERROCARRILES DE BOLIVIA.

AUTOR: *Ingeniero RODOLFO ARAMAYO ZAPATA.*
RELATOR: *Ingeniero ENRIQUE CARRASCO ACUÑA.*

108.

Un tema que no dudo es de sumo interés, es el que trata de los métodos que se han puesto en práctica en Bolivia, para combatir las mazamorras que constituyen un elemento de la naturaleza, que durante las estaciones de lluvias, emergen como un valladar contra el normal funcionamiento del tráfico. Con este motivo me voy a referir muy particularmente a la línea ferroviaria que une dos importantes capitales de Departamento, como son las ciudades de Oruro y Cochabamba. Este ramal que forma parte del sistema de ferrocarriles de Bolivia, es propiedad de The Bolivia Railway Company, alquilada al Ferrocarril de Antofagasta a Bolivia para su mantención y explotación.

Se trata de un ramal de 204 kilómetros de extensión, que partiendo de la ciudad altiplánica de Oruro, que se encuentra a 3.706 m. de altura sobre el nivel del mar, y que luego de atravesar parte de la altipampa, asciende a la famosa Cuesta Colorada alcanzando hasta 4.137 m. de altura, descendiendo después paulatinamente por los valles hasta los 2.378 m. que es el punto más bajo de la línea. Cabe hacer notar aquí que en un recorrido de 96 kilómetros la ferrovía desciende 1.759 m., lo que demuestra la naturaleza montañosa del distrito que atraviesa la línea.

Como es lógico en países montañosos como Bolivia, los estudios para las líneas férreas han tenido que confrontar con grandes dificultades y por lo que toca a Bolivia misma, en los estudios de la primera red ferroviaria y entre ellas el ramal a Cochabamba, del que me ocupo especialmente, muy sensiblemente se cometió un error básico en su trazo, error que sólo se pudo evidenciar por la práctica, como paso a demostrar. Cuando se hizo el trazo de esta línea en 1910, la comisión de estudios que adolecía de la suficiente experiencia en materia de mazamorras, sin tomar en cuenta este importante elemento localizó la línea por la ruta más fácil y económica, es decir, siguiendo el curso de los ríos y en lo posible a alturas mínimas. De este modo la línea debía atravesar innumerables quebradas, que por supuesto demandaron un gran número de obras de arte como ser alcantarillas y puentes de diversos tipos y según el cálculo aproximado de las aguas a las que debían dar libre paso, pero muy lamentablemente, como ya he dicho, sin tomar en cuenta las mazamorras o sea masas de barro y piedras que

se arrastran por estas quebradas. Luego en la práctica se experimentó la total obstrucción de muchas alcantarillas y puentes, obstrucción que daba lugar a la acumulación de estas masas sobre la vía en grandes proporciones interrumpiendo el tráfico de trenes por variados períodos mientras se hacía la limpieza.

Estas enormes masas de tierra, piedras, cascajo y greda que paulatinamente se depositan en el lecho de los ríos aumentan el nivel de éstos hasta tal punto que en ciertos sectores los ríos quedan casi al mismo nivel de la línea férrea, pero si el caudal de las corrientes aumenta considerablemente, las masas depositadas son socavadas y barridas y en muchos casos el nivel baja luego de tres a cinco metros. Lo cierto es que resulta tan difícil prever cuál será la situación en el siguiente período de lluvias, que no queda otro recurso que esperar hasta cierto punto las consecuencias y afrontarlas según las circunstancias actuales. Esto demuestra, pues, el gran error de trazar una línea férrea bordeando los ríos y pasando por el pie de las quebradas, cuando la experiencia local aconseja localizar todo trazo en lugares montañosos a la mayor altura posible del nivel de los ríos. Esta sensible experiencia sobre la localización del ramal de Oruro a Cochabamba, sin embargo, ya ha dado sus frutos en cuanto a otros nuevos trazos, y es así que los Ingenieros encargados del estudio del Ferrocarril de Potosí a Sucre en sus estudios han seguido en lo posible las mayores alturas y en lo posible cruzando las quebradas en sus nacientes, alejándose así de las funestas consecuencias de las mazamorras, y además evitando las costosas construcciones de defensivos contra los embates de los rías que en la época de lluvias son verdaderas avalanchas y que constituyen un constante peligro para los terraplenes de la ferrovía.

Descripción de las mazamorras.

A las mazamorras que ocurren en cualquier quebrada montañosa de Bolivia se las llama así, por la composición que contienen o sea una masa de detritus acompañada de agua, que tiene toda la consistencia de una mazamorra trepidante. Su mezcla varía según la configuración del terreno donde ellas se producen y para mayor comprensión se las puede dividir en tres categorías:

1. Despojos de arcilla desmenuzada.
2. Barro bastante húmedo en forma de fango.
3. Barro, piedras y agua. En este caso las piedras arrastradas llegan hasta un volumen de 6 metros cúbicos.

Estos son los tipos generales de mazamorras, aunque hay otras cuya descripción para el caso no tiene mayor importancia.

Las mazamorras tienen su origen debido a la conformación geológica relativamente nueva de las capas terrestres en los sectores montañosos y donde las pendientes son muy escarpadas existen fuertes dislocaciones de las capas que con las torrenciales lluvias o tormentas de granizo se producen constantes deslizamientos.

Las causas de las mazamorras se pueden considerar desde tres puntos de vista:

1. El desgaste de las rocas arcillosas por acción atmosférica.
2. Vertientes o causas que socavan el ángulo de reposo formando un foco de deslizamiento.
3. Grandes deslizamientos naturales que al obstruir el curso de las quebradas llegan luego a saturarse con las lluvias formando una mazamorra que baja como una avalancha cargando cuanto encuentran en su camino.

Estas masas de detritus y agua llegan al pie de las quebradas donde se depositan en grandes promontorios; cuando las lluvias no son suficientemente copiosas a veces quedan a media quebrada para más tarde bajar en forma incontenible y en mayor cantidad. Pasadas las lluvias los promontorios se solidifican en tal forma que su consistencia original resulta más fuerte. Por lo general si las lluvias son persistentes, los ríos al aumentar en su caudal van descongestionando las mazamorras que se depositan en sus lpayas, pero si el caudal es insuficiente levantan el nivel del lecho del río y el aluvión forma un dique dando lugar a que el río busque otro cauce, con las consiguientes contingencias que no se pueden prever.

Por regla general las primeras lluvias no dan lugar a mazamorras, porque sólo parte del agua es absorbida por la masa y lo demás corre superficialmente, pero si hay tormentas de lluvias o granizadas, la saturación es tan rápida que las mazamorras entran en función en forma inevitable.

Por lo que tengo dicho se verá que el control de las mazamorras depende enteramente de la naturaleza de una estación de lluvias, si ella es copiosa los deslizamientos entran en constante actividad, pero si la estación lluviosa es moderada, las quebradas se aquietan y las mazamorras reposan.

En los sectores en que el ferrocarril atraviesa a lo largo de un valle o quebrada principal, está sujeto a las contingenciaes de las subquebradas por las que pasa transversalmente, es decir que tiene que hacer frente a las mazamorras que bajan por su propia ladera, como también las del frente. Las primeras son las que atacan directamente a la vía, puentes y alcantarillas. Si estos últimos llegan a obstruírse la mazamorra cubre la vía con volúmenes de masa que llegan hasta los 1.000 m.^{3} y más, en un sola parte. Desde mediados del mes de diciembre hasta abril, las mazamorras constituyen una alarma permanente y muchas veces ocurre que en un solo día la vía se halla cubierta de mazamorras en más de 20 sitios diferentes; algunas de las más importantes, que arrastran grandes pedrones, llegan a desplazar los puentes. Luego las mazamorras que bajan del lado opuesto a la vía, aunque no constituyen un peligro inminente, en muchas ocasiones en llegando al río y formando un gran abanico, ganan la ladera opuesta y forman un dique, obligando al río a buscar un nuevo cauce y que a veces tal cauce resulta el terraplén de la ferrovía. Como consecuencia desaparecen los terraplenes y sus defensivos, quedando el armazón de la vía al aire a manera de un gran puente colgante.

Durante los años de 1942 a 1945, debido a las excepcionales lluvias experimentadas, este ramal ha sufrido los más grandes contratiem-

pos. Básteme citar que en una sola noche de tormenta los ríos han arrasado y arrastrado consigo alrededor de 20.000 m.^{3} de terraplenes y defensivos. Luego, para dar una idea del volumen de las mazamorras y su limpieza, puedo citar las siguientes cifras:

1942	....	141.000	metros cúbicos
1943	....	126.000	» »
1944	....	111.000	» »
1945	....	100.000	» »

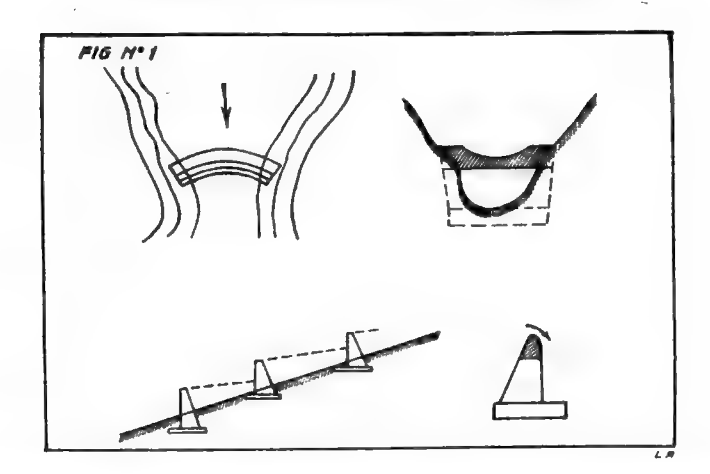
El mayor porcentaje de los daños se evidencia en el sector comprendido entre las Estaciones de Aguas Calientes y Buen Retiro, o sea en un recorrido de 60 kilómetros. El número de hombres que se emplean en este sector depende enteramnte de la naturalza de la estación lluviosa, pero para dar una idea aproximada puedo afirmar que en la actual estación de lluvias, que es casi normal, se tiene 520 hombres, o sea un promedio de más de 8 hombres por kilómetro. Por los detalles que preceden se podrá apreciar lo costosa que resulta la mantención de este ramal, indudablemente una de las más costosas del mundo.

Métodos para combatir las mazamorras y tipos de defensivos.

Como es racional para los defensivos y control de las mazamorras se impone la necesidad de estudiar por separado cada una de las quebradas, ya que difieren unas de otras, como analizo más adelante. Veremos, pues, ahora, los diferentes sistemas adoptados con este fin.

En principio se vió la necesidad de proteger el pie de las quebradas a fin de prevenir el socavamiento y en consecuencia los deslizamientos. Con este fin se comenzaron por utilizar los defensivos llamados «chispas de alambre», que consisten en formar un bloque rectangular de piedras de regular tamaño con un volumen de 14 m.^{3}, quedando finalmente todo el bloque envuelto en un tejido de alambre galvanizado Nº 8. Estas chipas, gracias a la flexibilidad del alambre en caso de socavamiento, se inclinan sin romperse, pero por lo que toca a las mazamorras no dieron resultado práctico porque debido al enorme peso que arrastran, las chipas eran fácilmente desplazadas, desapareciendo finalmente. Sin embargo, como defensivo de terraplén han dado muy buen resultado, ya que existen chipas cuya duración alcanza hasta 20 años.

Para los casos de mazamorras de menor volumen se puso en práctica un sistema de canaletas de madera con refuerzos de rieles en su base y sustentadas por caballetes de madera. Estos canales colocados en un ángulo de 45° con una entrada sobre machones de concreto, tenían el objeto de tomar las mazamorras para llevarlas por sobre la vía desparramándolas al lado del río, aunque en cierta extensión estos canales dieron algún resultado, de un modo general toda vez que la mazamorra arrastraba pedrones de algún tamaño las canaletas se obstruían y finalmente por el gran peso acumulado se destruían, con el resultado que su enorme costo no compensaba al servicio prestado y por tanto fué necesario abandonar este sistema como aquel de sustituir los canales de madera por canales de concreto armado, cuyo elevado costo resultaba fuera de toda consideración.



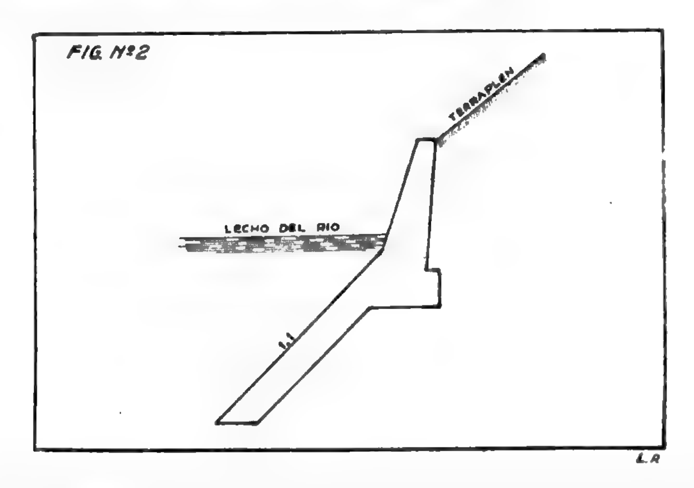
Entre los nuevos tipos de defensivos proyectados y puestos en práctica, se encontró que el sistema de muros transversales daba el mejor resultado. Estos muros transversales, cuyo tipo aparece en la figura Nº 1 de este folleto, tienen el fin primordial de detener por sectores el deslizamiento violento de una mazamorra y así que el primer muro transversal se construye al pie de la quebrada sobre sólidas fundaciones de mampostería. En primer lugar este muro inicial tiende a evitar el socavamiento de la base de la quebrada y en segundo lugar es la primera valla donde debe detenerse la mazamorra. Luego la siguen otros muros similares escalonados unos tras otros hasta llegar a la cabecera de la mazamorra. Todos estos muros en número adecuado a la categoría de cada quebrada son construídos en mampostería seca, exceptuando las últimas dos filas que consisten en mortero de cemento. Cuando estos muros se encontraban en trance de ensayo, se los construía con un talud de 1:5, pero en la práctica se vió que los pedrones arrastrados dañaban seriamente la cara del muro por el lado del talud, por cuya razón ahora se los construye en forma vertical.

Naturalmente, la ubicación de cada uno de estos muros transversales es de la mayor importancia, y por ello, y en lo posible, se buscan gargantas donde su ubicación resulte de mayor beneficio ofreciendo mayor área de depósito para el material que arrastra la mazamorra.

En lugares donde el terreno lo permite, se desvía la corriente de agua fuera del pie de la mazamorra. Aunque estos trabajos son más costosos que los muros transversales, en la práctica dan muy buen resultado.

Para contrarrestar el efecto de las mazamorras de las quebradas del lado opuesto a la vía, que por regla echan el río contra los terraplenes, se impone la necesidad de construir defensivos y en ocasiones aumentar el nivel de la vía o cambiar su gradiente. En cuanto a defensivos, éstos se componen principalmente de «chipas» del tipo que ya tengo descrito, muros que se detallan más adelante y rip-rap, consistente en pedrones de dos o más metros cúbicos de volumen. Estos pedrones especiales, extraídos de una cantera, son transportados en ca-

rros planos hasta el lugar donde se los requiere. Allí se los echa al pie del terraplén, uno sobre otro. Este tipo de defensivos se puede considerar únicamente de emergencia, porque sus resultados no son permanentes, ya que ante una avenida caudalosa no oponen una total resistencia y no obstante de su volumen comienzan a desaparecer poco a poco, obligando a colocar nuevas cargas de pedrones. En las partes donde el río tiene una fuerte tendencia al socavamiento, estos defensivos resultan nulos y desde luego de elevado costo.



La figura Nº 2 demuestra el tipo de muros defensivos de mampostería en cemento con una cortina o delantal para contrarrestar el socavamiento. El costo de construcción de estos muros es aproximadamente de £ 20 por metro lineal y en los últimos años se han construído numerosos defensivos de este tipo con resultados bastante halagadores. La experiencia adquirida con estos muros, sin embargo, resulta muy notable, pues hay casos de muros para cuya construcción se tomó la situación actual del terreno, calculando sobre tal base los cimientos que deben tener hasta 3 metros de profundidad y su respectiva elevación calculada sobre el máximum del volumen del cauce del río. En algunos casos durante una sola riada fuerte, estos muros resultaron enterrados debido al aumento del nivel del lecho del río, obligando a aumentar la altura de tales muros, mientras que en otros, por la acción de socavamiento, quedaron con sus cimientos expuestos hasta su base, en una sola noche, haciendo perder la estabilidad total del muro. Por lo que se ve, en estos casos los cimientos de tres metros de profundidad resultaron insuficientes para hacer frente a todo posible socavamiento. Estas circunstancias sujetan a un Ingeniero en una serie de incertidumbres, sobre la estructura que debe proyectar, sin poder prever si mañana el río profundizará su cauce o aumentará el nivel de su lecho.

Hace precisamente dos años que se construyeron muchos muros con cimientos de 3 metros de profundidad y durante la estación de lluvias del año pasado, muchos de estos muros resultaron con los cimientos al aire y en algunos casos los muros se desplomaron. Para los

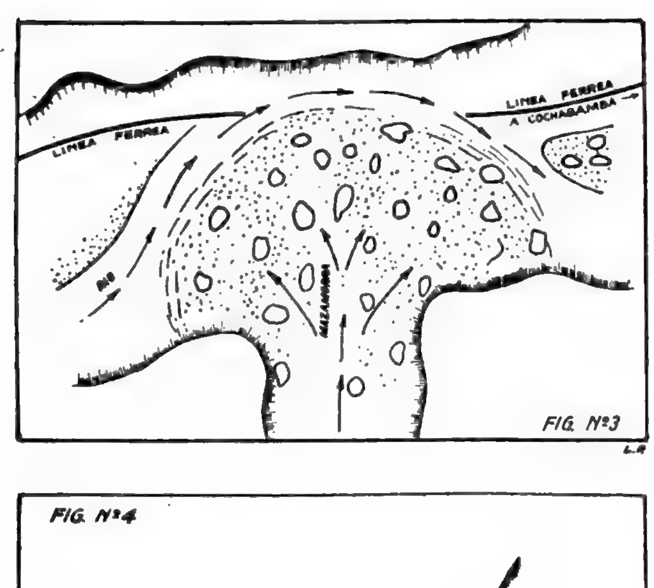
muros cuya estabilidad no fué afectada se hizo necesario reforzarlos por medio de cortinas delante de los cimientos y hasta una profundidad de 5 metros.

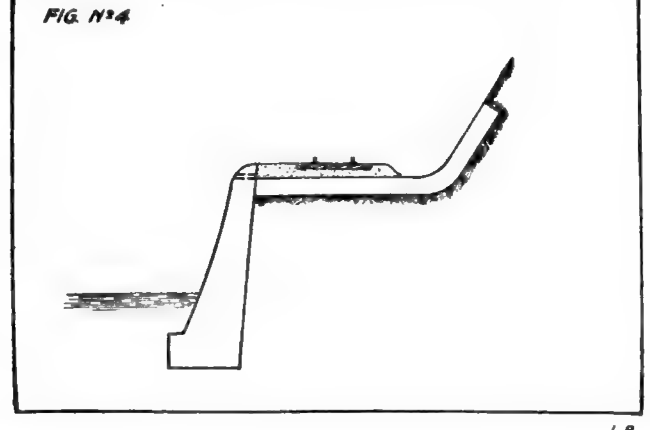
Como se podrá apreciar, éste y otros factores constituyen una serie de problemas difíciles que mantienen a los Ingenieros perplejos y en suspensa actividad.

Ejemplos de mazamorras importantes.

Arque.—Esta quebrada entra en actividad solamente en la época de lluvias y trae enormes cantidades de barro y piedra menuda. El lugar por donde atraviesa el ferrocarril es relativamente amplio y cuando se construyó la línea demandó la colocación de 40 tramos de acero de 5 m. cada uno y con una luz vertical de 3 m. A los pocos años de terminada la construcción, la actividad paulatina de la mazamorra fué aumentando el nivel de su lecho hasta tal punto, que llegó a aparejarse con el nivel de la vía y como consecuencia de la total obstrucción de la luz del puente, la mazamorra pasa por sobre el puente interrumpiendo el tráfico de trenes. Como es lógico, el corte profundo sobre el que se habían construído los 40 tramos de acero, desapareció, quedando estos tramos enterrados y sin utilidad. Se han efectuado diversos estudios, se ha propuesto desviar las aguas en las cabeceras, desviar la línea hacia más abajo para ganar altura para la vía, hacer canalizaciones especiales, etc.; pero aparte de esta última alternativa las demás han quedado desestimadas por su elevado costo, ya que la configuración tan especial de la quebrada demandaría laboriosas obras. Por tanto, la labor actual consiste en una sistemática limpieza de la mazamorra y canalización del cauce hasta donde sea posible para dejar libre la luz de unos cuantos tramos del puente. Además, se proyecta para el porvenir, instalar en este sitio una excavadora mecánica a fin de reducir el costo de la mano de obra.

Km. 124.—En este punto existe una gran mazamorra que cuando entra en plena actividad, pasa por sobre la vía, dejando luego grandes cantidades de detritus que es necesario despejar para mantener el tráfico. En el año 1942 inadvertidamente el maquinista de un tren de carga atropelló en este sitio una pequeña mazamorra que había alcanzado hasta la vía, atropello que ocasionó el descarrilamiento de la locomotora. Como en esos momentos llovía torrencialmente y antes de que se pudiera tener el auxilio necesario para encarrilar la locomotora y continuar viaje, sorpresivamente comenzó a entrar en actividad la mazamorra, la misma que alcanzó a tapar completamente la locomotora, voltear dos vagones y arrastrar un tanque de agua de 25 toneladas hasta 40 m. más abajo de la vía, quedando finalmente alrededor de 1.500 metros cúbicos de mazamorra sobre la vía. El tráfico, como es consiguiente, quedó interrumpido por varios días. Este caso es una palpable demostración de la fuerza y forma intempestiva en que bajan estas mazamorras, capaces de arrastrar consigo cuanto encuentran en su camino, muy particularmente si el obstáculo con el que tropiezan se encuentra en el eje de su fuerza central.





Colcha.—Este lugar puedo denominarlo como el más clásico de toda la línea y me voy a permitir citarlo como último ejemplo de ese fenómeno de la naturaleza que lo vamos conociendo con el nombre de mazamorras. Cuando se construyó la ferrovía no existía tradición de que hubieran ocurrido grandes deslizamientos en esta zona, como que había un floreciente pueblo con el nombre que encabeza estas líneas, con hermosas y extensas huertas; la línea ferroviaria sigue la ruta opuesta a la quebrada principal y se hallaba ubicada a pocos metros del nivel del río. En esa su ubicación se mantuvo inalterable por muchos años, pero llegó el momento que por cualquier fenómeno geológico, se iniciaron los deslizamientos en forma de mazamorras que poco a poco fueron formando un gran abanico al pie de la quebrada, como se ve en la figura Nº 3, que luego avanzó hasta el lecho del río, echando el cauce contra el terraplén del ferrocarril en el lado opuesto. Desde entonces se comenzaron a construir diferentes tipos de defensivos para la seguridad de la vía. Hace relativamente pocos años que esta mazamo-

rra entró en plena actividad trabajando en tremendas avalanchas de barro y enormes pedrones que primeramente fueron atacando al pueblo de Colcha que se extendía hasta los aledaños de la quebrada, arrastrando huertas y edificios; el volumen de detritus en movimiento resulta sencillamente indescriptible. Las primeras consecuencias funestas para el ferrocarril significaban el aumento desmesurado del nivel del lecho del río y luego el embalsamiento del río mismo por el dique que formó la mazamorra al alcanzar la ladera opuesta. La consecuencia inmediata consistía en que el río debía buscar un cauce natural para su torrente, y éste resultó el terraplén de la línea, el que a veces resultaba totalmente barrido o cubierto por grandes masas del aluvión. Mientras fué posible, la única forma de remediar la situación consistía en esperar que la mazamorra se aquiete y luego abrir sobre ella misma un cauce inicial para el río, para que luego el mismo caudal se encargue de socavar y ganar su cauce normal. A principios de 1914 la situación de Colcha se tornó excepcionalmente angustiosa, puesto que la magnitud de la mazamorra fué tal que ganando acceso hasta el lado opuesto del río y subiendo por toda una fortaleza de defensivos hizo desaparecer la línea del ferrocarril en una gran extensión, interrumpiendo el tráfico por un espacio de 80 días. Esta grave situación obligó a encarar una obra capaz de afrontar el ímpetu de este aluvión y como emergencia el ímpetu del río, que en ambos casos no tuvieron antes precedentes iguales. Y es así que se construyó una variante de la línea en un nivel de 4,50 m. superior al trazo existente y más adentro del cerro. Al mismo tiempo se construyó un gran muro de contención de mampostería, para que al servir de sustentación del terraplén sirva también de parapeto contra la temida mazamorra. Esta obra iniciada en el mes de junio del mismo año de 1944 y que fué imprescindible terminarla antes de la siguiente época de lluvias, estuvo lista en el mes de diciembre. Para el caso fué necesario utilizar alrededor de 1.000 hombres durante los siete meses que abarcó la obra, trabajando jornadas de 12 horas diarias. Para demostrar la importancia de este trabajo básteme informar que su costo fluctúa alrededor de £ 47.430 o sean más o menos ocho millones de bolivianos. Las figuras o croquis números 3 y 4 dan una idea cabal de la situación de la variante y el tipo de muro y revestimiento construídos.

CONCLUSIONES

En breves palabras terminaré este mi trabajo, puntualizando el grave problema que sintetizan las mazamorras en países montañosos como Bolivia, ya que este problema no se circunscribe simplemente a los ferrocarriles, puesto que los caminos, los pueblos, los fundos agropecuarios y por último la vida misma de los hombres confrontan el mismo problema, porque los daños que causan son verdaderamente inapreciables e irreparables.

Personalmente he conocido valles florecientes, luego convertidos en campos de agramante, donde fuera del confuso desorden de las oleadas de fango y piedra no han quedado ni los más remotos vestigios de la belleza con que la agricultura y el afán del hombre viste los campos.

A veces pienso que el hombre resulta impotente para hallar el reparo que amengüe por lo menos las funestas consecuencias de estos fenómenos que constituyen un evidente cataclismo, pero desde el punto de vista técnico, ciertamente se puede resolver el problema, pero.... ¿a qué precio? Esta interrogante, que parece encerrar un secreto, muestra la cruda realidad de la causa de la impotencia del hombre, porque del ejemplo concreto que me he permitido detallar en el curso de esta mi charla con respecto a la mazamorra de Colcha, llegamos a una conclusión básica y es aquella de que un ferrocarril para mantener el tráfico sobre un insignificante tramo de vía ha tenido que hacer frente a tan enormes gastos que están fuera de toda proporción, aún así, manteniéndose en la incertidumbre de que si tales obras responderán al fin que están destinadas o demandarán nuevos trabajos suplementarios y por ende nuevos y fuertes desembolsos económicos, todo lo cual sólo el porvenir podrá materializar.

Para emprender un estudio dirigido a controlar, dominar, encauzar y aminorar los desastrosos efectos de una mazamorra, tal estudio tiene que estar sujeto o reatado al capital de que se dispone para esta determinada obra, entonces quiere decir que el estudio se concreta a encontrar un simple lenitivo, dentro de las posibilidades económicas, pero no un remedio drástico y contundente que haga desaparecer el mal, porque esto último implica tan fabulosos desembolsos que se hallan fuera del alcance humano.

Y es así, señores congresales, que The Antofagasta (Chile) & Bolivia Railway Company, tiene que seguir manteniendo el ramal de Oruro a Cochabamba con simples lenitivos, que desde luego, como tengo anotado, es uno de los más costosos del mundo en materia de mantención de líneas ferroviarias, y esto mientras llegue la posibilidad de hacer una variante de la línea en toda su extensión afectada por los ríos y mazamorras, llevándola por una ruta más firme y segura, la que por muy costosa que sea, tendrá a la larga que encararse como único remedio drástico al mal que padece dicho ferrocarril.

Luego como ya me he permitido mencionar, sirvan estos antecedentes de experiencia para todo futuro trazo de líneas ferroviarias.

No puedo terminar esta relación, sin agradecer la valiosa colaboración que he recibido de los Ingenieros señores S. B. Chauntler y F. F. Williams, compañeros míos de labor en la Empresa del Ferrocarril de Antofagasta (Chile) a Bolivia & The Bolivia Railway Company, quienes tienen mucha experiencia en los trabajos de esta vía, a los cuales debo muchos datos para confeccionar este trabajo.

INFORME DEL RELATOR

El trabajo Nº 108 del Ingeniero Rodolfo Aramayo, de Bolivia, analiza el fenómeno conocido con el nombre de mazamorras, o ríos de lodo, que atacan a determinadas vías férreas construídas, por razones de economía, en lechos de ríos en zona montañosa, o en terrenos de avanzado estado de desintegración. Se particulariza este fenómeno, en el sistema ferroviario boliviano donde anualmente se originan movimientos de

tierra superiores a 100.000 m. cúbicos, por materiales que deben retirarse de la vía férrea al paso de las avalanchas.

El Ingeniero Aramayo anota con toda propiedad, que el análisis de este fenómeno, que es originado en la mayoría de los casos por el desequilibrio de masas de piedra y barro acumuladas ya sea por erosiones o a causa de grandes lluvias, es inherente a las condiciones propias del lugar donde ocurre. Así destaca las avalanchas provenientes de quebradas, las provocadas por la erosión de los ríos, etc.; y al efecto expone a manera de comentario la forma cómo en Bolivia se va solucionando y evitando los perjuicios de ese origen. Así recomienda proteger el pie de las quebradas donde se teme la formación de bolsones de barro con pies de cabra o «chipas de alambre», que en general dan buen resultado. Se han hecho ensayos para desviar estas avalanchas mediante canaletas de madera con refuerzos de rieles en su base y no han dado el resultado deseado aparte de ser un costo muy elevado por lo que el autor se inclina en recomendar en lo general la construcción de muros transversales de mampostería seca en escalonamientos sucesivos, según la importancia de la quebrada, eligiendo para la ejecución de estos trabajos las gargantas más estrechas. Este procedimiento habría dado excelentes resultados y sería el más económico a pesar de la recomendación de construir los dos primeros escalonamientos de mampostería y mortero de cemento.

Asimismo el problema de la erosión de los ríos, que es tan peligrosa para la formación de bolsones de barro y piedra como el de las quebradas, se soluciona en Bolivia mediante la construcción de muros de mampostería en mortero de cemento de diverstas alturas y tipos, con fundaciones que van a más de de tres metros de profundidad. Estos muros protegen las barrancas del río limitando consiguientemente la erosión.

Del análisis del trabajo del Ingeniero Aramayo, evidentemente interesante para ferrocarriles de condiciones similares a los bolivianos no se desprenden propiamente conclusiones, sino que su espíritu es el demostrar la forma cómo se está solucionando en aquel país el fenómeno de las mazamorras en la vía, que por otra parte es frecuente en el Norte de Chile y Argentina, por cuyas razones el Relator se permite recomendar a la Sub-Comisión su publicación.

RESOLUCION DEL CONGRESO

Que sea publicado en las Memorias del Congreso por tratarse de un trabajo muy interesante para los ferrocarriles de condiciones similares a los bolivianos.

TEMA 4a

BARRERA FERROVIARIA GIRATORIA EN VEZ DE BASCULANTE.

AUTOR: *Ingeniero CARLOS E. MEAURIO.*
RELATOR: *Ingeniero ARTURO FERRER.*

2.

Este trabajo fué presentado al 4º Congreso Panamericano de Carreteras realizado en Méjico en el año 1941. Si bien figura en la lista de los trabajos presentados, no se encuentra entre los tratados o publicados y como tampoco se adoptó ninguna resolución al respecto, el autor ha estimado oportuno volverlo a presentar a este Congreso, introduciéndole las modificaciones aconsejadas por la experiencia habida en los años transcurridos desde su anterior presentación.

Tiene por objeto el presente trabajo, formular una sugestión sobre la modificación que, a mi juicio, sería conveniente introducir en los tipos de barreras basculantes generalmente usados en los pasos a nivel, en los cruces (en las zonas rurales) de caminos carreteros con ferrocarril; la modificación está destinada a ofrecer mayor seguridad al tránsito y a reducir sensiblemente, en esa forma, los frecuentes accidentes de fatales consecuencias que se producen en dicha intersección de arterias.

Las numerosas desgracias ocurridas, no en las ciudades sino en la campaña, en los pasos a nivel dotados de barreras con su correspondiente guarda, ponen de manifiesto que los tipos actuales de éstas, no son todo lo eficaces que las circunstancias reclaman; debiendo atribuírse principalmente a las tres causas siguientes:

1) Ausencia eventual u ocasional de su puesto del guarda-barreras.
2) Distracción del guarda-barreras, olvidándose de bajar la barrera a su cargo.
3) Omisión en transmitir al guarda-barreras el aviso de la salida del tren, para que se cierre la barrera.

Debido a ello, una barrera abierta, según el sistema actual basculante situado en el cruce de una carretera, constituye una verdadera trampa para el público, porque éste no está en condiciones de saber si al pasar por el paso a nivel está a salvo de los peligros que acarrea cada una de las fallas citadas precedentemente. Se deduce en consecuencia, que la deficiencia principal hay que buscarla en la barrera misma, cuya posición de abierta no ilustra suficientemente al usuario, salvo cuando está cerrada.

La idea simple que el suscrito aporta al respecto, es consignada en

los grabados adjuntos en los que se indica, esquemáticamente, la forma cómo deberían ser modificadas todas las barreras situadas en los cruces con carreteras, sin emplear más material que el existente.

En síntesis, la sugestión consiste en lo siguiente: las barreras, en vez de tener un movimiento bascular, como lo tienen actualmente, deberían tener (con el mismo material) un movimiento giratorio, de modo que cuando el camino está expedito al tránsito, las barreras quedan atravesadas en la zona de vía, vale decir en situación bien visible para el conductor del tren, tanto de día, por su pintura a franjas ydisco rojo correspondiente, como de noche, por su luz roja.

Desaparecería así la inseguridad que ofrece la barrera abierta en el sistema actual, que como se ha dicho, es una trampa, pues no se sabe si lo está por distracción o ausencia del guarda-barreras o si realmente está abierta porque no se acerca tren alguno. Con el movimiento giratorio propuesto no existe tal incertidumbre, porque si la barrera está abierta para el camino, quedará atravesada en la zona de vía y si ello fuera consecuencia de una distracción del guarda-barreras, por lo menos hay la posibilidad de que el conductor del tren se aperciba a tiempo de esta situación y detenga el tren, o si fuera ya imposible detenerlo totalmente, haga sonar reiteradamente la señal sonora. Si por ventura el tren rompiera la barrera, es siempre preferible este pequeño perjuicio al probable atropello de un automóvil con pérdida de vidas.

Para mayor ilustración, se añade que estando la barrera exactamente contrapesada, el esfuerzo para hacerla girar es tal vez menor que el necesario para levantarla o bajarla según el sistema actual.

Cada barrera giratoria podría ser movida individulmente o bien simultánemente si se las vincula mecánicamente para que moviendo una se mueva la otra; no hay inconveniente alguno en hacerlo por medio de poleas y cables subterráneos y su costo, si no es similar al del vínculo mecánico, que actualmente tienen para el sistema bascular, podría ser tal vez algo mayor.

Este mayor costo estaría ampliamente justificado si se consigue, como se busca, una mayor seguridad de las vidas de los usuarios de los caminos.

Podría objetarse que en ningún caso los cruces a nivel con barreras, debieran carecer de su guardián correspondiente. Pero donde hay poco tránsito, y especialmente de noche, la guardia permanente sería costosa; con la barrera giratoria que propongo, la ausencia del guardián, si fuera indispensable por razones de turno, relevo u otras causas, podría ser advertida por el público, por cuanto, para dejar simultáneamente abiertos el camino y la vía férrea, el guardián, antes de ausentarse, tendrá que hacr girar la barrera en sentido opuesto, es decir, colocarla paralelamente al camino pero fuera de la zona vía, como se indica en la línea punteada del grabado adjunto, en cuya posición puede quedar trabada en su movimiento mediante un candado y cadena para evitar que sea movida por gente extraña.

Por estar la barrera colocada en la mano del tránsito (en el grabado se supone la mano derecha) quien se acerque al paso a nivel,

puede ver fácilmente al disco rojo de grandes dimensiones que colocó el guardián al retirarse y desde luego verá también la barrera que mantiene abierto tanto el camino como la vía férrea. Esta posición particular de la barrera, el disco rojo y además un farol rojo durante la noche, indican al conductor del automotor, desde muy lejos, que el paso a nivel no está vigilado y que por lo tanto puede aproximarse a un tren.

La solución propuesta, se refiere particularmente a los pasos a nivel campo afuera, y no a los situados en las plantas urbanas de las ciudades donde el problema es completamente distinto en su aspecto y consecuencias.

En estos lugares urbanos se usan los conocidos portones que no constituyen la solución propuesta en el presente trabajo, pues aparte de que son mucho más costosos no permiten aprovechar el material existente.

Refiriéndome a los comprendidos en el primer caso, podría objetarse que si la barrera está abierta para el camino y cerrada para el ferrocarril, el maquinista, por falta de visibilidad, sea por curva o pendiente, estaría dificultado o impedido de frenar a tiempo. Esta objeción revelaría que quien la hace admite que en el sistema actual basculante el maquinista no debería tomar ninguna precaución, si por casualidad viera que la barrera está abierta al camino. Si se consiguiera que el maquinista frene al ver la barrera que cierra la vía férrea, ya es mucho, porque el hecho de que éste intente el frenado, ya significa tiempo ganado para el usuario del camino, quien tiene así más ocasión de ponerse a salvo, y si, a pesar del esfuerzo del maquinista, la barrera es atropellada, la rotura es menos lamentable que las heridas, generalmente fatales, que podrían sufrir los pasajeros en el camino.

Si se temiera que la visión de las barreras que cierran la vía férrea puede atrasar los trenes, se podría afirmar que el sistema es ventajoso, pues no debería admitirse que para no atrasar los trenes, los ferrocarriles descuiden los peligros de los pasos a nivel, en los cuales por transitar confiadamente, porque la barrera basculante estaba abierta, se pueda hallar la muerte.

En mérito a las consideraciones expuestas que evidencian la importancia del asunto, en beneficio de la seguridad pública, someto al H. 5º Congreso Panamericano de Ferrocarriles, el siguiente proyecto de resolución:

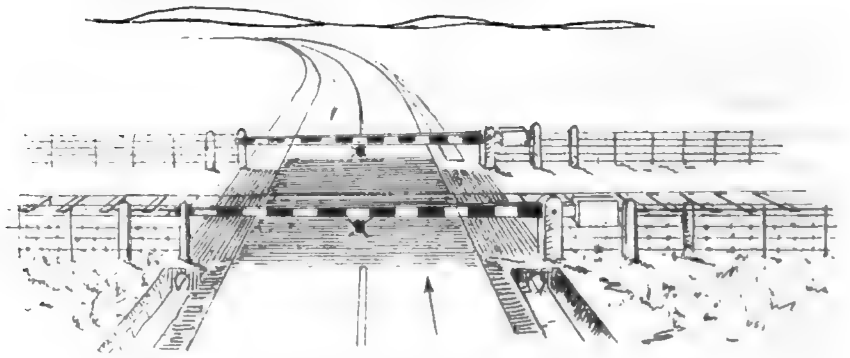
El 5º Congreso Panamericano de Ferrocarriles resuelve:

1º: Considerar de interés, para la mayor seguridad del tránsito en los cruces a nivel de camino con ferrocarril, en las zonas rurales, transformar el sistema de barreras basculante por el sistema giratorio empleando los mismos materiales.

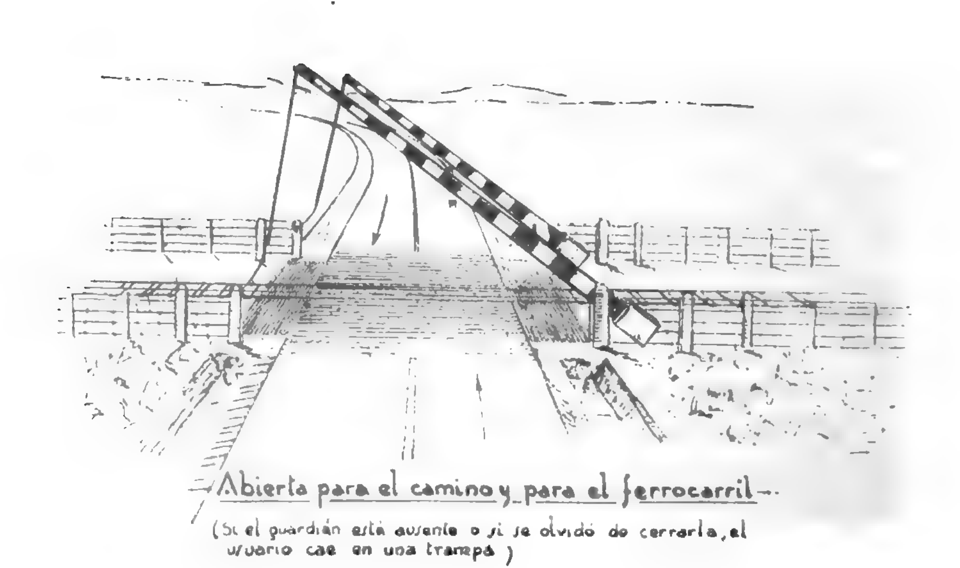
2º: Recomendar se ensaye en los países panamericanos, la transformación en el movimiento de barreras, tal como se propone en el presente trabajo.

BARRERAS BASCULANTES

SISTEMA ACTUAL

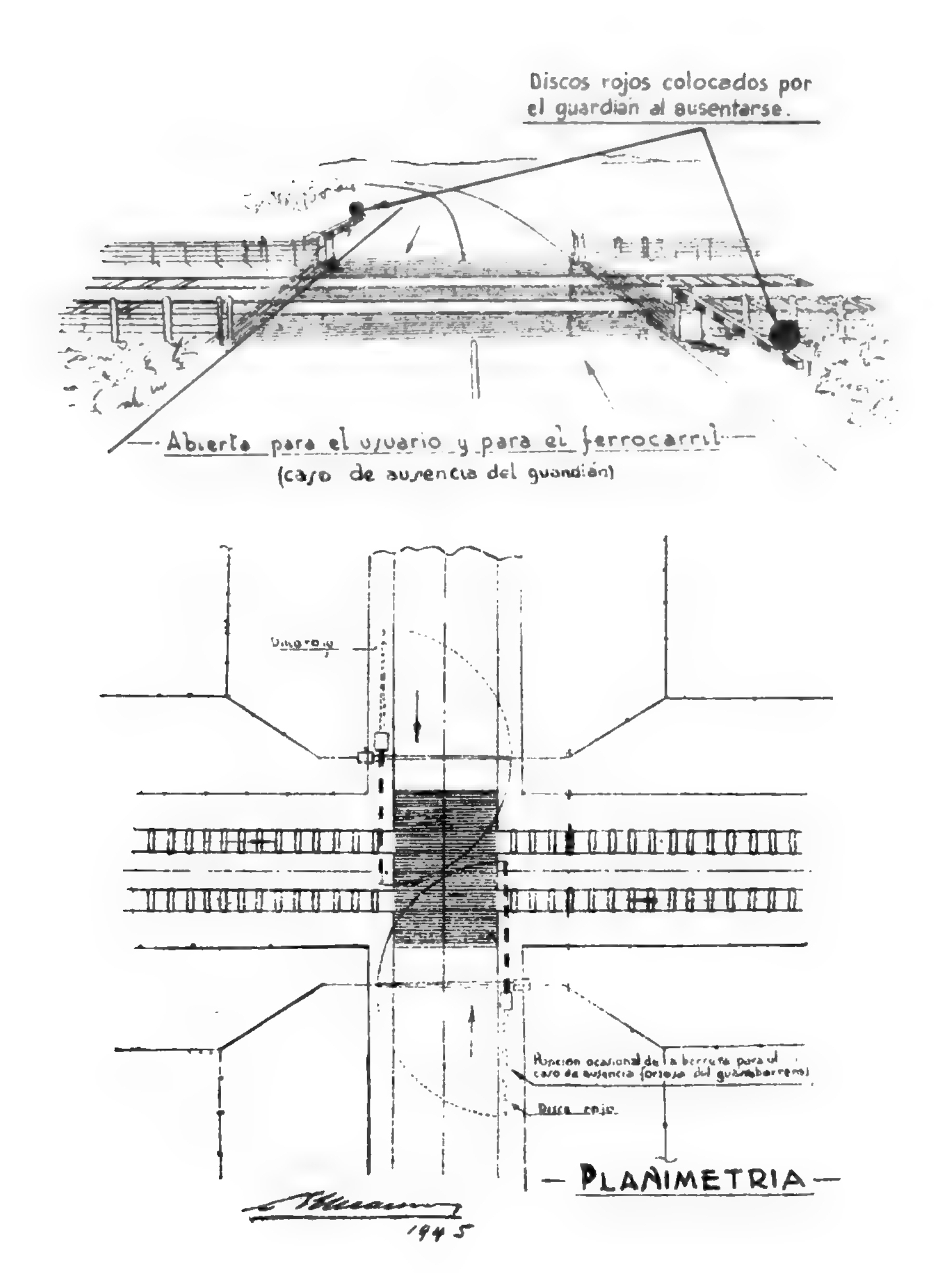


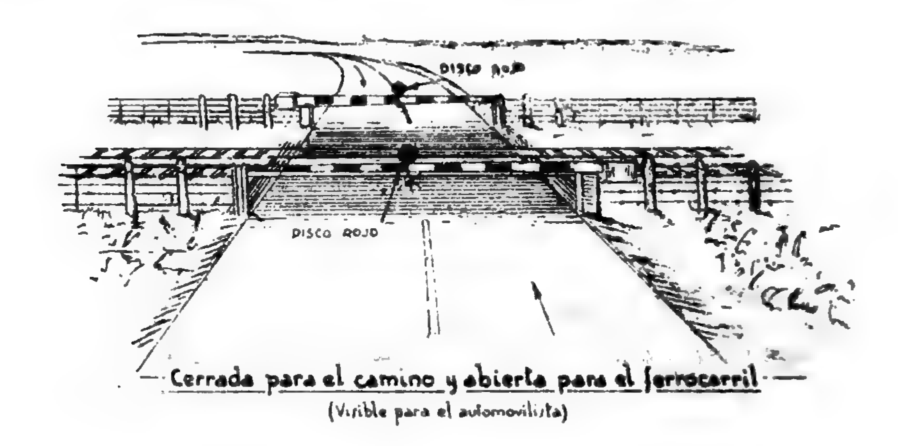
Cerrada para el camino y abierta para el ferrocarril



Abierta para el camino y para el ferrocarril

(Si el guardián está ausente o si se olvidó de cerrarla, el usuario cae en una trampa)


Discos rojos colocados por
el guardián al ausentarse.
Abierta para el usuario y para el ferrocarril
(caso de ausencia del guardián)
PLANIMETRIA
1945



Cerrada para el camino y abierta para el ferrocarril
(Visible para el automovilista)



Abierta para el camino y cerrada para el ferrocarril
(Visible para el conductor del tren)

INFORME DEL RELATOR

El autor sugiere que en los pasos a nivel de las zonas rurales, que actualmente se dotan de barreras basculantes, se modifique, usando los mismos materiales, el movimiento de dichas barreras, haciéndolas girar horizontalmente alrededor de sus actuales soportes, de modo que cuando el camino está expedito al tránsito, las barreras queden atravesadas a lo ancho de la vía, en situación bien visible para el conductor del tren, tanto de día, por su pintura a franjas y disco rojo correspondiente, como de noche por su luz roja.

Vendría a ser —se explica— la misma idea adoptada en los portones que se usan en los pasos a nivel urbanos, pero aplicada a las barreras de simples brazos en las zonas rurales.

Complementa todavía el Ingº Meaurio su sugestión, proponiendo que en aquellos casos en que el guarda-barrera pueda retirarse de su puesto (por ejemplo en horas que no pasen trenes, etc.), las barreras queden abiertas tanto para el camino como para la vía.

A tal fin se las haría girar —siempre horizontalmente— hacia afuera de la vía, quedando los brazos paralelos al eje del camino y practicando un cierre con candado para evitar que cualquiera pueda moverlos. En esta posición los brazos se dotarían de disco rojo (o luz roja de noche) bien visibles para que el conductor que avance por el camino sea advertido desde bien lejos de que la barrera está fuera de servicio y que ha de observar por sí mismo si se aproxima un tren.

Luego de prolijas consideraciones, el autor concluye por someter al V Congreso Panamericano de Ferrocarriles el siguiente proyecto de resolución:

1º) Considerar de interés, para la mayor seguridad del tránsito en los cruces a nivel de camino con ferrocarril, en las zonas rurales, transformar el sistema de barreras basculante por el sistema giratorio empleando los mismos materiales.

2º) Recomendar se ensaye en los países panamericanos, la transformación en el movimiento de barreras, tal como se propone en el presente trabajo.

El Relator opina que dado lo simple de llevar a la práctica la idea del Ingº Meaurio, con la que se mejoraría bastante el servicio de barreras en zonas rurales de escaso tráfico, correspondería apoyarla.

RESOLUCION DEL CONGRESO

1º Aprobar las conclusiones del autor, que son:

a) Considerar de interés para la mayor seguridad del tránsito en los cruces a nivel del camino y del ferrocarril, en las zonas rurales, transformar el sistema de barreras basculante por el sistema giratorio empleando los mismos materiales.

b) Recomendar se ensaye en los países americanos, la transformación en el movimiento de barreras, tal como se propone en el presente trabajo.

2º Publicar el trabajo en las Memorias del Congreso.

TEMA 4a

ASPECTO TECNICO-ECONOMICO DEL PROBLEMA DE LOS CRUCES ENTRE FERROCARRILES Y CARRETERAS.

AUTOR: *Ingeniero HECTOR A. BERGERET.*
RELATOR: *Ingeniero VICENTE ELORZA.*

53.

El planteamiento de la cuestión.—El cruce de una carretera o camino con una vía férrea da lugar a una interferencia de servicios, en cuya solución tiene una consagrada preeminencia universal el ferrocarril, a menos que las zonas de operación de ambos medios de comunicación se independicen totalmente en dos planos deslindados por una estructura.

Los distintos dispositivos adoptados para un paso a nivel (banderas, barreras, campanas de alarma y señales luminosas) procuran, en efecto, reducir en lo posible, el peligro que él entraña para el tráfico carretero, pero dejan siempre subordinada la continuidad de los servicios de este último a la eventual ocupación de la vía, ocasionándole perjuicios de montos insospechados. De allí que para evitar éstos y mantener óptimas condiciones de seguridad, se proceda a la eliminación del cruce por medio del estudio de una variante parcial del trazado o, en el caso de no ser esto factible, se recurra a la erección de estructuras costosas, de oportuna justificación económica, que salven la intersección en forma de pasajes superiores o inferiores. Donde esa justificación, cuyas líneas generales analizaremos en el presente trabajo, no se obtenga, se impondrá la solución de un pasaje a nivel, proyectado en forma de reducir al mínimo sus intrínsecas desventajas.

Las características modernas de los vehículos automotores de carga, su velocidad de operación y el rápido desplazamiento de los terrenos actuales han subvertido las bases del problema, que en otros tiempos, el ferrocarril contempló pasivamente. Hoy en día, está él tan interesado como la carretera en procurar la seguridad de los puntos de cruce con ella y, si no quiere abandonar sus derechos de vía libre, que el carácter de la explotación le impone, forzoso será que contribuya, en la medida de las ventajas obtenidas, a la financiación de soluciones armónicas.

Evidentemente, si la participación que se le reclamara, superase el monto de lo exigido por las necesidades de explotación, la diferencia sería absorbida en último término, por los usuarios, a través del encarecimiento de los servicios.

Pasajes a nivel.—

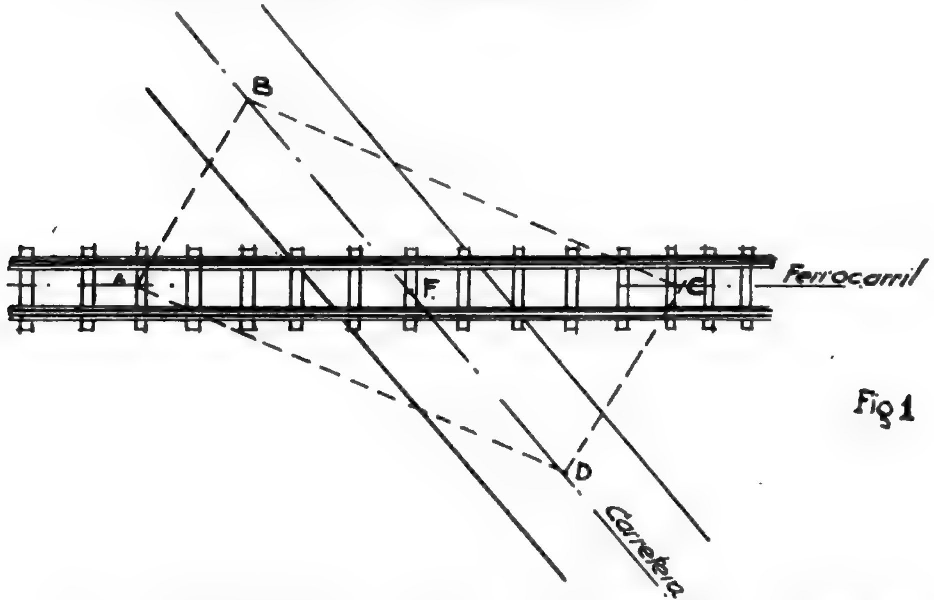
Como es caso general que la actividad ferrocarrilera preceda a la carretera, el problema del emplazamiento del cruce se planteará, por lo común, en el estudio del trazado de aquella última, y su solución se ajustará a las siguientes directivas:

1º Ancho de firme sobre los rieles y 25 metros a cada lado de ellos: 6 metros, como mínimo.

2º Tramo recto del trazado en el cruce y, por lo menos, 100 metros antes y después. Pendiente máxima en él: 3%.

3º Radio de curvatura de los acordamientos horizontales en los accesos, no menor de 200 m.

4º Angulo mínimo de la intersección: 60º.



5º Buena visibilidad en toda la zona cubierta por el paralelogramo A B C D (Fig. 1). Donde

$FA = FC =$ distancia de frenado del tren a la velocidad de régimen.

$FB = FD =$ distancia de frenado en la carretera, correspondiente a la velocidad directriz.

6º Sistemas de señales preventivas de variable importancia, en consonancia con el volumen del tráfico carretero y la frecuencia del ferroviario.

Pese a todos los perfeccionamientos que en su construcción se introduzcan, los pasos a nivel ofrecerán siempre un alto porcentaje de probabilidad de colisión, que las características evolutivas del tráfico moderno elevan cada día más. A esta posible causa de pérdidas de vidas humanas, cuya estimación es difícil de concretar, se añade un dre-

naje económico, por concepto de aumento del costo de operación y disminución del rendimiento diario de los vehículos automotores, por demoras en la travesía de los cruces. En muchos casos, los requisitos esenciales para obtener una buena visibilidad, recargan el costo de un paso a nivel (desmontes en roca, p. ej.) en forma que hacen aún más dudosa la adopción de tal solución.

Pasajes a distinto nivel.—

La carretera puede cruzar al ferrocarril en un plano inferior o superior al de éste. Del punto de vista de la seguridad e independencia de operación de ambos medios de transporte, las dos soluciones resuelven integralmente el problema, y la estética y la economía de la estructura serán los factores decisivos que concretarán la elección.

La primera solución: el pasaje inferior, evita la incomodidad de las emanaciones de las locomotoras a los usuarios de la carretera y, proyectado correctamente, sirve eficientemente el tráfico que en ellas opera. Desde el punto de vista estético, es una estructura más agradable, limpia y susceptible de mejor lucimiento para los valores arquitectónicos, por lo que será preferida en zonas urbanas y sus adyacencias.

En campaña, en cambio, la topografía del terreno hará, a menudo, más económica la solución del pasaje superior, y su construcción misma se verá menos afectada por el tráfico ferroviario y con menos trabas podrá desarrollarse, sin interferir con su continuidad.

Uno u otro tipo de estructura deberán ser estudiados, en forma de no interponer una solución de continuidad, en la seguridad del tráfico carretero.

El ángulo de la intersección será, generalmente, impuesto por las condiciones topográficas; pero, sin sacrificar la planimetría, hay ventajas económicas en aproximar todo lo posible su valor a 90°. Muchas veces se podrá sacar partido favorable de una curva de la vía férrea, para mejorar el ángulo de cruce sin afectar el trazado. De no ser así, un ángulo próximo a 45° se puede considerar satisfactorio.

Las curvas de entrada y salida del cruce, que, en ocasiones será menester disponer, serán proyectadas con ángulos al centro reducidos y radios de curvatura elevados. Estos últimos superarán los 300 metros y, sólo en caso de que el costo de las obras se vea con ello gravosamente afectado, se admitirá bajar ese límite a 200 metros.

La pendiente de la rasante, en los accesos, se disminuirá dentro de lo posible, proyectándola de preferencia inferior a 5%.

En los pasajes inferiores se dispondrá de una luz vertical neta de 4m.20 en todo el ancho del pavimento, programándose éste con anchos de vía no inferiores a 3m.60.

Pavimentos de dos vías son los corrientes; los de tres vías no son aconsejables; siendo preferible, cuando el volumen del tráfico lo exija, ir a cuatro vías con una faja central de separación.

Aunque con frecuencia es posible resolverlo por simple gravedad, la dificultad del drenaje de los pasajes inferiores, exige, a veces, la instalación de una bomba en un sumidero adecuado.

Los pasajes superiores deben dejar una luz neta (variable entre

5 m. y 6m.50) en consonancia con el gálibo de los trenes, obligando asimismo a una fiscalización experimentada de las cargas, en las estaciones inmediatas.

Las condiciones de buena visibilidad, horizontal y vertical, deben cumplirse con amplitud en los proyectos de ambos tipos de estructuras. En los pasajes superiores se proyectará en forma análoga a una carretera, con holgadas distancias mínimas de visión. En los pasajes inferiores el tratamiento será análogo, excepto para los acordamientos verticales que, generalmente, se imponen bajo este tipo de estructura, y cuyas longitudes serán definidas por las expresiones que resultan del siguiente estudio:

Sean:

L = longitud del acordamiento vertical.

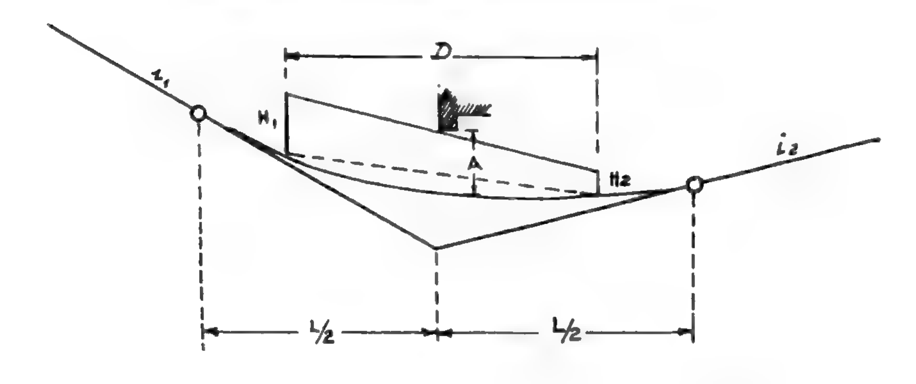


Fig. 2

D = distancia de visión necesaria, sea para el frenado oportuno ante un obstáculo, o para sobrepasar, con seguridad, otro coche.

$D = f\ (V_m)$ V_m = velocidad directriz.

i_1 e i_2, las pendientes encontradas, de la rasante en ese punto.
A = la luz neta vertical en la concavidad.
B = la flecha de acordamiento en el punto medio.
H_1 = altura de visión del conductor.
H_2 = altura del obstáculo.

Para H_1 se preconiza por la A.A.S.H.O. el valor de 1m.37 y para H_2 se adoptan generalmente los valores de 0m.70 ó 1m.37, según se encare la visibilidad de frenado o paso respectivamente.

Consideraremos dos casos, destacando, de antemano, que la restricción mayor de la visibilidad, se produce cuando el punto más bajo de la curva coincide en la vertical del punto más bajo de la estructura.

a) $L > D$

de Fig. 2 deducimos: $y = px^2 = \dfrac{i_1 - i_2}{2L} \cdot x^2$

$$A - \frac{H_1 + H_2}{2} = \frac{i_1 - i_2}{2\,L} \quad \frac{D^2}{4}$$

de donde

$$L = \frac{D^2\,(i_1 - i_2)}{8\left(A - \dfrac{H_1 + H_2}{2}\right)}$$

b) $L < D$

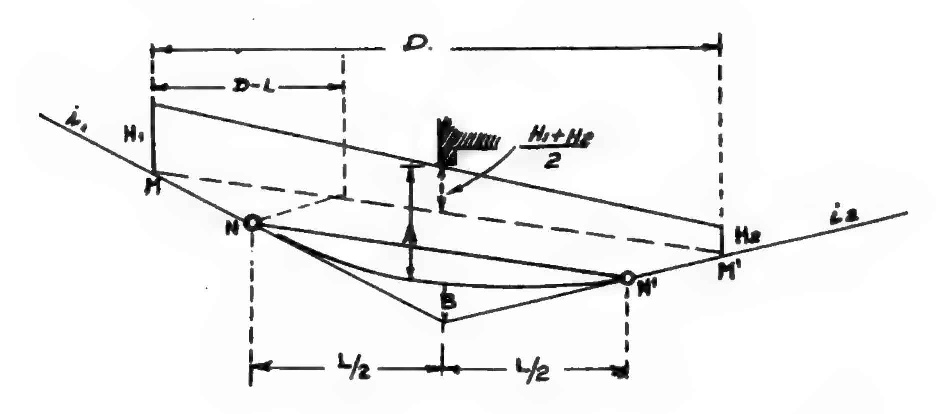


Fig. 3

El mínimo de D **corresponde a** MM' **paralelo a** NN'.

$$\frac{2B}{L} = \frac{A - \dfrac{H_1 + H_2}{2} + B}{D}$$

para $B = \dfrac{i_1 - i_2}{2L} \cdot \dfrac{L^2}{4} = \dfrac{i_1 - i_2}{8} \cdot L$

de donde sustituyendo en la anterior y despejando:

$$L = 2D - \frac{8\left(A - \dfrac{H^1 + H^2}{2}\right)}{i_1 - i_2}$$

Se aconseja L **no menor de 30 m. en zonas urbanas, ni de 60 m. en rurales.**

Elección de la solución económica.—

El análisis que sigue permitirá decir cuándo un paso a nivel puede y debe ser sustituído por una estructura que lo elimine y cuyo costo aproximado se conoce.

El paso a nivel da lugar a las siguientes erogaciones:

a) Costo de construcción, conservación y operación del paso a nivel mismo, que supondremos constante $= C_1$.

b) Exceso en el costo de operación de los vehículos que encuentran el paso a nivel abierto, pero, por precaución, se ven obligados a aminorar la marcha y recuperar luego la velocidad directriz V_m.

Llamemos T el volumen del tráfico carretero expresado en número de vehículos por día.

F el número de trenes que diariamente cruzan el paso.

D_f la distancia de frenado en Km., correspondiente a la velocidad V_m.

Estimaremos que el tiempo de cierre de barreras, alcance, cada vez, un promedio de 5 minutos y supondremos una densidad uniforme de tráfico, informe que nos dará valores conservadores.

El tiempo total de cierre de barreras en un día será: $5F$ y el número de vehículos detenidos diariamente por ellas:

$$\frac{T}{24 \times 60} \cdot 5F$$

De donde, el número de coches que hallan el paso libre estará expresado por:

$$T\left(1 - \frac{5F}{24 \times 60}\right)$$

Admitiendo ahora que tales vehículos aminoran su velocidad a la mitad, en una distancia D_f y recuperan la velocidad V_m en un recorrido idéntico; con una hipótesis de consumo, aproximadamente similar al del régimen, tendremos, en el trayecto $2\,D_f$ un consumo igual con un recorrido mitad, lo que arroja un costo de operación por kilómetro, doble del normal C_o.

El monto de los valores perdidos por exceso en el costo de operación de los vehículos que cruzan el paso a nivel, sin detenerse completamente, será aproximadamente:

$$T\left(1 - \frac{5F}{24 \times 60}\right) 2\,D_f \cdot C_o$$

c) Exceso en el costo de operación de los vehículos que encuentran el paso a nivel cerrado, lo que, obligándoles a detenerse completamente, provoca una doble pérdida. Por las causas apuntadas en el párrafo anterior, ya el costo de operación se ve duplicado y, teniendo en cuenta que la detención y puesta en

marcha del vehículo ocasiona un consumo adicional en el trayecto $2\ D_f$, próximo a ½ del normal, en hipótesis simplificativa, concluímos en un costo de operación triple del de régimen.

El valor total de las pérdidas por este concepto, estará expresado por:

$$\frac{5F \cdot T}{24 \times 60} \cdot 2 \times 2\ D_f \cdot C_o$$

d) Pérdida por concepto de paralización de los vehículos en las barreras cerradas y motivado por gastos fijos diarios de explotación (jornales, intereses, seguros, patente, etc.), que gravitan sobre ellos, aún estando inactivos.

El valor de esos gastos se designará con C_h y se expresará en $/hora.

El número de los vehículos detenidos $\frac{5\,F \cdot T}{24 \times 60}$ mul-

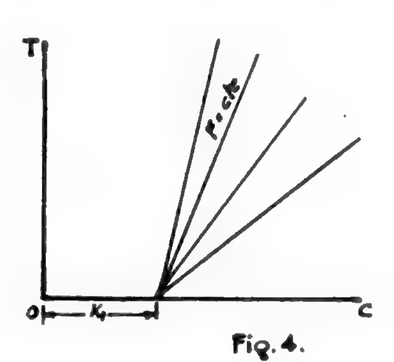


Fig. 4.

tiplicado por el tiempo promedio de detención: 5 minutos, expresado en horas, nos dará el tiempo total perdido:

$\frac{5\,F \cdot T}{24 \times 60} \cdot \frac{5}{60}$ y el monto total diario de la pérdida económica por este concepto será $\frac{5\,F \cdot T}{24 \times 60} \cdot \frac{5}{60} \cdot C_h$

Teniendo presente que, en un momento dado, los valores C_1, C_o y C_h son sensiblemente constantes, y, para un tramo de carretera, V_m está perfectamente delimitada en el proyecto geométrico de la misma, lo que asegura la constancia de D_f, llegamos a resumir el valor de la erogación diaria estudiada en una ecuación del tipo:

$$E_d = k + k' T + k'' T \cdot F$$

Análoga forma tendrá la ecuación que exprese el monto anual E_a de tales erogaciones, lo cual permitirá, multiplicando esta última por:

$$\frac{(1+i)^n - L}{i\,(1+i)^n}$$

concretar en un ábaco, para distintos F = constante, una expresión del tipo:

$$C = k_1 + k_2 T \qquad [1]$$

que proporcionará, en función del número de vehículos diarios y para un tráfico ferrocarrilero dado, el valor actual de la deuda a contraer, sin sobrepasar en su servicio anual (durante n años y con una tasa de interés i), la suma E_e.

Dicho ábaco, cuyo aspecto general nos representa el gráfico de la Fig. 4, nos permitirá resolver el problema económico propuesto; es decir, el momento en que el volumen del tráfico carretero y ferroviario, justifican la sustitución de un paso a nivel por una estructura de un costo determinado, que lo elimine.

Financiación.—

El análisis desarrollado nos permite discriminar también, el prorrateo de la financiación de un pasaje superior o inferior entre las partes interesadas en la erección de la estructura.

El primer sumando k_1 de la expresión [1], de exclusiva repercusión en la explotación ferrocarrilera, aparecería como el aporte justo y lógico de ésta a la obra, ya que él representa también, el monto de la economía que la obra nueva comportaría a la cifra anual de aquellos gastos de explotación.

El otro sumando: $k_2 T$, sin duda de un valor enormemente mayor, afecta solamente a la economía de operación vial a través de los usuarios de la carretera y, por lo tanto, su financiación debería razonablemente recaer sobre ellos, en un alto porcentaje; distribuyendo lo restante entre la totalidad de la población, en base al imperioso deber de solidaridad social de la misma, para la solución de un problema que ha de ahorrar vidas humanas.

Conclusiones.—

Arribamos al fin de este trabajo a dos proposiciones principales que fluyen de su contenido, indicando que existe especial interés para que:

1º) Se promuevan medidas conducentes a afianzar la seguridad de los pasos existentes y al estudio de la posibilidad económica de encarar su eliminación racional, ya sea por una revisión de los trazados o por medio de estructuras que deslinden los planos de operación.

2º) Se propenda a la pronta suscripción de acuerdos para estudiar la financiación de estas dos últimas soluciones, mediante el aporte económico de las dos partes interesadas directamente en ellas, como vía para acelerar su realización.

INFORME DEL RELATOR

Este interesante trabajo del señor Ingeniero don Héctor A. Bergeret —del cuerpo de Ingenieros de la Dirección de Vialidad del M.O.P. del Uruguay— es una excelente contribución al conocimiento del rol matemático que juegan los distintos factores que intervienen en la consideración del problema que se estudia: «Aspecto Técnico-Económico del Problema de los Cruces entre Ferrocarriles y Carreteras»; factores, diríamos técnicos, unos, y de orden económico, otros.

A) El autor determina la Fórmula algebraica: «$C = k_1 + k_2T$», que resume —en su máxima generalidad— la antedicha intervención de todos los factores que entran en juego en el problema, una Fórmula que da —tan solo en dos términos algebraicos— la relación «en función del número de vehículos diarios y para un tráfico ferrocarrilero dado, el valor actual de la deuda a contraer, sin sobrepasar en su servicio anual (durante n años y con una tasa de interés i) la suma E_a (monto anual de las erogaciones)»: Fórmula mediante la cual se resuelve fácilmente el problema económico en cuestión, es decir: «el momento en que el volumen del tráfico carretero y ferroviario, justifica la sustitución de un paso a nivel por una estructura de un costo determinado, que lo elimine».

B) Bajo el título «Financiación», el autor destaca, del punto de vista de la utilidad de la Fórmula, por él determinada, para la adjudicación o prorrateo de la carga financiera entre las partes concernidas —carretera y ferrocarril— el significado de cada uno de los términos algebraicos de la misma, para la erección de un pasaje superior o inferior.

El primer sumando (k_1) de la expresión (Fórmula), de exclusiva repercusión ferrocarrilera, aparecería como el aporte justo y lógico de ésta a la obra, ya que él representa también, el monto de la economía que la obra nueva comportaría a la cifra anual de aquellos gastos de explotación.

El otro sumando: (k_2T), sin duda de un valor enormemente mayor, afecta solamente a la economía de operación vial a través de los usuarios de la carretera y por lo tanto, su financiación debería razonablemente recaer sobre ellos, en un alto porcentaje; distribuyendo lo restante entre la totalidad de la población, en base al imperioso deber de solidaridad social de la misma, para la solución de un problema que ha de ahorrar vidas humanas.

C) Llega finalmente el autor a las siguientes dos Conclusiones, que presenta a modo de proposiciones concretas, que surgen de su acertado estudio del problema considerado:

Proposición 1ª Que «se promuevan medidas conducentes a afianzar la seguridad de los pasos existentes y al estudio de la posibilidad económica de encarar su eliminación racional, ya sea por una revisión de los trazados o por medio de estructuras que deslinden los planos de operación».

Proposición 2ª Que «se propenda a la pronta suscripción de acuerdos para estudiar la financiación de estas dos últimas soluciones, me-

diante el aporte económico de las dos partes interesadas directamente en ellas, como vía para acelerar su realización».

D) *Recomendación del Relator:* Que la Comisión del V Congreso Panamericano de Ferrocarriles, que estudia el Tema 4a «Cruces entre ferrocarriles, caminos y otras vías de comunicación: Aspectos técnico, legal y económico», considere las dos proposiciones presentadas por el señor Ingeniero H. A. Bergeret y, si las juzga acertadas, las apruebe a sus efectos.

RESOLUCION DEL CONGRESO

1º Publicar este trabajo en las Memorias del Congreso por tratarse de un interesante aporte para la solución del problema de los cruces a nivel y su eliminación.

2º Recomendar que se propenda a la pronta suscripción de acuerdos para estudiar la financiación, que permita la revisión de los trazados o la construcción de estructuras que deslinden los planos de operación, mediante el aporte económico de las partes interesadas directamente en estas soluciones, como vía para acelerar su realización dentro del concepto de que el aporte económico debe ser equitativo, de acuerdo con el beneficio qu cada parte obtenga.

TEMA 4a

BARRERAS PARA CRUCES DE FERROCARRIL DE ACCIONAMIENTO ELECTRICO, MANUAL, SEMIAUTOMATICO Y TOTALMENTE AUTOMATICO.

AUTOR: *Ingeniero NELS B. FORCHHAMMER.*
RELATOR: *Ingeniero ARTURO FERRER.*

76.

En toda América, el problema de los cruces ferroviarios a nivel es de gran importancia. Las redes ferroviarias tienen una extensión muy grande, así como las redes camineras, y el gran número de cruces hacen imposible emplear en gran escala la mejor solución del problema, es decir, llevar, ya sea el camino o la vía ferroviaria a través de un viaducto. Sin embargo, por ejemplo, en las cercanías de una gran ciudad, ésta será siempre la mejor solución y las circunstancias a menudo justificarán los gastos.

En este estudio, presentamos algunos fundamentos para la discusión de este problema, e indicaremos la experiencia obtenida en Suecia a este respecto, ya que las condiciones en algunas partes de este país son en muchos respectos similares a las condiciones imperantes en América, de ferrocarriles que atraviesan grandes zonas escasamente pobladas y, en consecuencia, con pequeño tráfico.

Primeramente, trataremos de clasificar los pasos a nivel, debiendo tenerse presente, sin embargo, que tal clasificación no puede ser hecha de acuerdo a ninguna definición general exacta. Cada país, quizás cada ferrocarril, debe efectuar esta clasificación, teniendo en cuenta las condiciones locales, el carácter del tráfico ferroviario y caminero, y las condiciones económicas. La clasificación obtenida finalmente debe ser, además, revisada periódicamente de acuerdo al desarrollo del tráfico que afecta a cada cruce separadamente.

Dejaremos de lado aquella categoría de cruces, en los cuales no puede disponerse ninguna clase de protección por la poca intensidad del tráfico; en esta categoría se pueden clasificar todos los cruces de carácter privado: cruces que se utilizan solamente, por ejemplo, por el dueño de una estancia y sus trabajadores. También algunos cruces con caminos de poca importancia pueden clasificarse en esta categoría.

La próxima categoría la constituyen los cruces, en los cuales una señal luminosa, eventualmente suplementada por una señal acústica, pueden ser consideradas como suficiente medida de seguridad. Este es el caso cuando el ferrocarril tiene un tráfico pequeño; por ejemplo, en líneas sencillas, con la excepción de los casos en que una línea sen-

cilla cruza un camino con tráfico muy intenso o una calle de una ciudad.

Como la cuestión de las señales luminosas ha sido discutida frecuentemente, no la trataremos acá, sino que solamente mencionaremos que en diferentes países pueden tratarse desde puntos de vista diferentes al decidir si se debe preferir las barreras a las señales luminosas o viceversa, de acuerdo a la experiencia adquirida sobre la manera en cómo el tráfico caminero reacciona a las señales luminosas. Por ejemplo: en Suecia, se ha empleado muy extensamente la señalización luminosa, aunque debe hacerse notar que los sistemas empleados son ligeramente diferentes de los sistemas utilizados en otros países. Cuando un tren se aproxima, la señal demuestra una luz roja intermitente hacia el camino; en caso contrario la señal intermitente es blanca, de manera que cuando no se aproxima ningún tren el tráfico caminero recibe una indicación positiva de vía libre, mientras que en la mayoría de los otros países solamente se utiliza la luz roja de «peligro» hacia el camino. En Suecia, estas señales luminosas se utilizan aún en el caso de tráfico caminero o ferroviario bastante intensos, aunque sin embargo, no se emplean nunca en ciudades o suburbios, en cuyo caso se prefiere las barreras.

La tercera categoría la constituyen los cruces en los cuales el riesgo tanto para el tráfico vial como para el ferroviario es tan grande, que se deben utilizar barreras. Dentro de esta categoría que discutiremos aquí en detalle, deben distinguirse tres sistemas: puramente manual, en el cual un guardabarrera, o el personal de una cabina cercana, abre y cierra las barreras; semiautomático, por el cual las barreras son cerradas manualmente, pero abiertas automáticamente por el tren mismo por medio de secciones de vía aisladas y finalmente el sistema totalmente automático en el cual tanto el cierre como la apertura de las barreras se hace por el mismo tren.

Naturalmente, el accionamiento de las barreras debe efectuarse eléctricamente con los dos últimos sistemas, pero aún en el caso de una operación puramente manual, el accionamiento eléctrico presenta grandes ventajas, pudiendo efectuarse el manejo desde cualquier lugar que por otros puntos de vista pueda ser conveniente.

Como ejemplo, damos a continuación los siguientes datos de la máquina operadora de barreras más difundida en Suecia (tipo Ericsson-Signalbolaget, del Consorcio Ericsson de Estocolmo, mundialmente conocido en los campos de la telefonía y teleseñalización). Los principios fundamentales han sido fijados uniformemente para toda Suecia por un decreto («Kungörelse Nº 469» dado en el Castillo Real de Estocolmo el 26 de junio de 1933). La máquina se construye de tal manera que funciona 15 segundos sin mover las barreras, durante cuyo tiempo suena una campana. (Este tiempo de 15 segundos está fijado en el decreto de acuerdo a la experiencia obtenida con las primeras instalaciones). La campana puede estar conectada mecánicamente al mecanismo, o funcionar eléctricamente por medio de contactos especiales colocados en la máquina. Al mismo tiempo que la campana comienza a sonar, las luces fijadas a la barrera se iluminan, obteniéndose de este modo una reducción del consumo de electricidad y de lámparas

quemadas. Después de 15 segundos las barreras descienden, tardando su movimiento 10 a 12 segundos. Las barreras se conectan mecánicamente a la máquina por medio de cables de acero, pudiendo cada máquina operar dos pares de barreras de 10 metros de longitud cada una, de manera que una sola máquina puede accionar las barreras de una calle o camino de 20 metros de ancho.

Es de la mayor importancia que el público sea prevenido efectivamente antes de cerrar las barreras, y la experiencia obtenida con las señales de campana arriba mencionadas ha sido muy buena. Parece realmente que el sistema automático tiene una clase de ventaja psicológica: el automovilista o conductor sabe que el funcionamiento de las barreras es enteramente automático y que no puede demorar o forzar un guardabarrera a esperar un segundo más. Además pronto realiza y aprecia la gran ventaja del funcionamiento automático, es decir, que las barreras se abren inmediatamente que el tren ha pasado.

Puede decirse de los tres sistemas de barreras, el manual, el semiautomático y el automático, lo siguiente: El sistema manual tiene realmente pocas ventajas y al fin es probable que desaparecerá totalmente, pero en cualquier caso no es un sistema económico para los cruces a nivel entre estaciones, como un cálculo de gastos demostrará. De acuerdo a un estudio hecho por los ingenieros Adolfo P. Farengo y C. M. Della Paolera, publicado en la revista «La Ingeniería» de Buenos Aires, noviembre 1942, página 878, el costo promedio anual del funcionamiento de una barrera manual es de 3.000 a 4.000 pesos argentinos, una suma que dará amplio interés al dinero invertido en reemplazarla con una barrera de funcionamiento eléctrico provista de señales luminosas.

El sistema manual puede ser utilizado en otros lugares, es decir, cuando las barreras pueden ser manejadas por algún empleado de la estación, pero esto solamente si el trabajo puede ser arreglado de tal manera que esto no aumente las tareas, con lo que se puede obtener una real economía de personal. Aún en este caso, el sistema manual sólo debería usarse en los casos en que el tráfico no es muy intenso, porque no se puede tener la seguridad de que las barreras serán levantadas inmediatamente después de que el tren haya pasado, como ocurre en los sistemas automáticos.

Puede mencionarse al mismo tiempo, que cuando se procede al cambio de barreras operadas manualmente por barreras automáticas, debe hacerse esto de acuerdo a cierto plan, por ejemplo anual, de manera que el personal que va quedando paulatinamente disponible por esta causa pueda ser absorbido por otras reparticiones del ferrocarril. Naturalmente esto se aplica igualmente, a cualquier renovación de material que se efectúe para implantar nuevos sistemas que disminuyen el costo de funcionamiento.

Pero en la época en que ahora estamos entrando, los ferrocarriles tendrán que adoptar todos los medios y sistemas posibles que les permitan disminuir los gastos de explotación aumentando sin embargo la seguridad y rapidez de sus servicios, cosa que no puede dejarse de lado por la reducción de personal que trae consigo.

El sistema semiautomático debería utilizarse solamente en pasos a

nivel en las estaciones, en los casos en que por llevar un tráfico excesivamente pesado el descenso de las barreras debe adaptarse a la velocidad del tráfico. Si se utilizase barreras totalmente automáticas, el punto de la vía por el que al pasar el tren hará funcionar las barreras, debe elegirse de tal modo, que cuando llegue el tren más rápido tenga amplio tiempo para dar la señal de alarma y bajar las barreras. Un tren más lento, hará bajar las barreras demasiado pronto, lo que realmente se sentirá si el tráfico vial es muy intenso. Naturalmente esto puede ser evitado con un sistema semiautomático porque el guardabarrera conoce el tren que se acerca y puede bajar las barreras de acuerdo a su carácter; pero debe tenerse presente que la ventaja que puede obtenerse bajando las barreras manualmente, pude perderse si también su subida se efectúa de este modo, por lo que el sistema que se debe emplear en estos casos es el semiautomático. Pero aún utilizándose el sistema semiautomático, debe efectuarse una cuidadosa investigación para determinar si el trabajo de la estación no puede efectuarse con menos personal empleando barreras completamente automáticas. En todos los casos, el funcionamiento debe ser cuidadosamente planeado de antemano.

Acá, como en todos los modernos sistemas de señalización eléctrica, la economía de la explotación depende del hecho de que el panel de maniobra pueda ser colocado así, de que el mismo personal pueda atender el manejo de la señalización y ser también utilizado para otros trabajos en la estación.

Los sistemas totalmente automáticos pueden, en realidad, resolver prácticamente todos los problemas que se presenten en cruces, con la excepción de los mencionados más arriba.

Es el único sistema que puede ser utilizado a lo largo de las vías lejos de las estaciones, aunque también es el sistema adecuado para emplear en las cercanías de estaciones cuyas señales funcionan de tal modo que durante la mayor parte del día son accionadas automáticamente o por medio de algún sistema de manejo a distancia. Como hemos ya dicho, este sistema puede usarse libremente, aún cerca de otras estaciones, con lo cual se ahorra tiempo al personal de las mismas.

El sistema totalmente automático puede además utilizarse en conjunto con instalaciones de block automáticas. En este caso, la instalación de barreras automáticas aumentará la rentabilidad del block automático, ya que se utilizan sus circuitos de vía también para el accionamiento de las barreras. El ahorro del personal de guardabarreras contribuye así a pagar la instalación del block automático.

Además, debemos mencionar que cuando las señales del block automático están enclavadas con las barreras de los pasos a nivel y los circuitos de vía, dan muy buena garantía a los maquinistas respecto a la seguridad. Las señales manuales, que ahora se usan con las barreras manejadas manualmente en realidad no son adecuadas para trenes de alta velocidad, y también en los casos en que no se utiliza block automático, sería preferible colocar señales de visibilidad normal para indicar a los maquinistas que las barreras están cerradas.

Las señales que indicarán al maquinista el correcto funcionamiento de las barreras automáticas deberán ser colocadas en tal forma que

puedan ser claramente vistas, aún en condiciones de tiempo desfavorables, a una razonable distancia de frenado del cruce a nivel, de modo que el largo del circuito de vía antes de llegar al cruce debe corresponder a la velocidad de los trenes. Por ejemplo: para una velocidad de 70 kilómetros por hora y una distancia de frenado de 300 metros, el largo del circuito de vía será de cerca de 900 metros metros a cada lado del paso a nivel.

Un punto sumamente importante que se debe tener en cuenta al instalar barreras automáticas, es que por lo menos entre las vías y una de las barreras, pero preferiblemente a ambos lados, debe dejarse un espacio entre las barreras y las vías de 8 a 12 metros, de manera que si un vehículo se encuentra encerrado al descender las barreras, tenga espacio suficiente en donde colocarse mientras pasa el tren. Esta regla ha sido estipulada en el decreto sueco citado más arriba, y los resultados han sido excelentes, no habiéndose notado nunca ningún signo de nerviosidad de los conductores frente a las barreras automáticas.

Como conclusión de esta exposición, el V Congreso resuelve:

1º) Puede recomendarse a las Compañías Ferroviarias la instalación de barreras automáticas en los pasos a nivel como un medio de obtener mayor seguridad y al mismo tiempo reducir los costos de explotación.

2º) Con las barreras automáticas deben darse señales acústicas y visuales antes de que desciendan, debiendo estas señales estar enclavadas con el movimiento de las barreras para dar la mayor seguridad posible de que no fallarán; su duración debe ser uniformemente fijada en 15 segundos.

3º) Cuando sea posible, las barreras deberán enclavarse con las señales de las estaciones o las señales block. En caso contrario deberá proveerse señales para los maquinistas, preferiblemente por señales de visibilidad normal.

INFORME DEL RELATOR

El autor presenta algunos fundamentos para la discusión de este problema, tan frecuente y de tanta importancia en toda América, y cita la experiencia obtenida en Suecia al respecto, ya que —explica— las condiciones en algunas partes de aquel país son en muchos casos similares a las imperantes en América.

Comienza formulando una clasificación u ordenamiento de los pasos a nivel de acuerdo con la necesidad de dotarlos de mecanismos y/o señales, etc., más o menos completos.

Suministra los datos fundamentales de la máquina operadora más difundida en Suecia, cuyos principios básicos han sido fijados uniformemente para todo aquel país por decreto real del 26 de junio de 1933.

Analiza los pro y los contra de las distintas soluciones, más o menos completas, perfeccionadas, sencillas, onerosas, económicas, etc., y concluye proponiendo que el V Congreso Panamericano de Ferrocarriles resuelva que:

1º) Puede recomendarse a las Compañías Ferroviarias la instalación de barreras automáticas en los pasos a nivel como un medio de obtener mayor seguridad y al mismo tiempo reducir los costos de explotación.

2º) Con las barreras automáticas deben darse señales acústicas y visuales antes de que desciendan, debiendo estas señales estar enclavadas con el movimiento de las barreras para dar la mayor seguridad posible de que no fallarán; su duración debe ser uniformemente fijada en 15 segundos.

3º) Cuando sea posible, las barreras deberán enclavarse con las señales de las estaciones o las señales block. En caso contrario deberá proveerse señales para los maquinistas, preferiblemente por señales de visibilidad normal.

El Relator opina que este trabajo del Ingº Forchhammer es un interesante y valioso aporte para la solución del grave y extendido problema de los pasos a nivel y entiende que correspondería adoptar la conclusión propuesta por el autor.

RESOLUCION DEL CONGRESO

1º: Recomendar el estudio de la instalación de barreras automáticas en los pasos a nivel.

2º: Aconsejar la publicación de este trabajo en las Memorias del Congreso, por tratarse de un interesante aporte para la solución de este grave y extendido problema.



INDICE



INDICE

TEMA 4a



ESTE LIBRO SE TERMINO DE IMPRIMIR EL DIA 20 DE NOVIEMBRE DE 1946 EN LOS TALLERES DE "LA INDUSTRIAL GRAFICA URUGUAYA" —VAGLIO Y Cía.— CERRITO 740. - MONTEVIDEO. - URUGUAY.

